

Die Entwicklung der Bevölkerung und der Erwerbspersonen in der Metropolregion Rhein-Neckar

Inauguraldissertation zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften
der Universität Mannheim

Vorgelegt von
Philipp Deschermeier

Mannheim 2012

Abteilungssprecher: Prof. Dr. Martin Peitz

Referent: Prof. Dr. Paul Gans

Korreferent: PD Dr. Friedhelm Pfeiffer

Tag der mündlichen Prüfung: 7.12.2012

Für

Irene Deschermeier, in memoriam

Danksagungen

Diese Dissertation wäre ohne die Hilfe und Unterstützung meines Doktorvaters Prof. Dr. Paul Gans und meines Zweitgutachters PD Dr. Friedhelm Pfeiffer nicht zu realisieren gewesen. Ich danke beiden für die Inspiration während des Studiums und für die Ermutigung bei der Entwicklung meiner Forschungsfragen. Die produktiven Anmerkungen und Anregungen haben mir stets geholfen, die Arbeit zu verbessern.

Meinen Kollegen vom Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie und meiner Doktoranden AG danke ich für die vielen produktiven Diskussionen, insbesondere Oliver Makowsky für die zahlreichen kreativen Lösungsansätze bei konzeptionellen Problemen. Bei Eva Müller bedanke ich mich für die tolle Zusammenarbeit im Rahmen unseres gemeinsamen Artikels. Manuela Cretu und Franziska Mehra danke ich für die Hilfestellungen in gestalterischen Fragen.

Ein weiterer Dank geht an Christina Hackl vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg und Melanie Scheller vom Forschungsdatenzentrum des Statistischen Bundesamtes für die Unterstützung bei der Recherche und der Bereitstellung der benötigten Daten.

Meinem Vater Gerd Deschermeier danke ich für die aufopferungsvolle Unterstützung, während meiner kompletten Schul-, Studiums- und Promotionszeit.

Mein besonderer Dank gilt meiner Freundin Ilka, für die Liebe und Unterstützung in den vergangenen Jahren.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Einleitung	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Aufbau und Methoden	2
1.3	Literaturangaben für Kapitel 1	5
2	Die Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar. Eine stochastische Bevölkerungsprognose auf Basis des Paradigmas funktionaler Daten	7
2.1	Einleitung	7
2.2	Bevölkerungsprognosen	9
2.3	Das Paradigma funktionaler Daten	14
2.3.1	Grundidee	14
2.3.2	Modelle	16
2.4	Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar	22
2.4.1	Algorithmus	22
2.4.2	Daten: Quellen und Aufbereitung	24
2.4.3	Die demographischen Komponenten: Modellierung und Prognose	28
2.4.4	Die Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar	34
2.5	Schlussfolgerungen	36
2.6	Literaturangaben zu Kapitel 2	38
2.7	Anhang zu Kapitel 2	42
3	Die Entwicklung der Erwerbspersonen in der Metropolregion Rhein-Neckar	45
3.1	Einleitung	45
3.2	Die Entwicklung der Erwerbspersonen	46
3.3	Ein zweistufiges Modell zur Vorausberechnung der Erwerbspersonen	49
3.3.1	Schritt 1: Die Entwicklung der Bevölkerung	49
3.3.2	Schritt 2: Die Entwicklung des Erwerbspersonen	51
3.3.3	Erweiterung des Modells: Hochqualifizierte	54
3.4	Die Entwicklung der Erwerbspersonen in der MRN	55
3.4.1	Datenbasis, Modellierung der Erwerbsquoten und Szenarien	55
3.4.2	Die Entwicklung der Erwerbspersonen in der Metropolregion Rhein-Neckar bis 2030	59

3.4.3	Die Entwicklung der Hochqualifizierten in der Metropolregion Rhein-Neckar bis 2030 ..	63
3.5	Schlussfolgerungen.....	67
3.6	Literaturangaben zu Kapitel 3	71
4	Analyse der Wohn- und Arbeitsortverteilung von Hochqualifizierten in der Metropolregion Rhein-Neckar	75
4.1	Einleitung.....	75
4.2	Hochqualifizierte als Determinante der Regionalentwicklung.....	77
4.3	Räumliche Ökonometrie.....	79
4.3.1	Räumliche Abhängigkeit.....	79
4.3.2	Räumliche Heterogenität	80
4.3.3	Modelle der räumlichen Ökonometrie.....	81
4.4	Regionale Arbeitsmärkte.....	83
4.4.1	Grundlagen	83
4.4.2	Abgrenzung der Untersuchungsregion.....	85
4.5	Ergebnisse.....	87
4.5.1	Auswahl der Variablen und Datenquellen.....	87
4.5.2	Die Abgrenzung der Untersuchungsregion	89
4.5.3	Räumliche Verteilung	90
4.5.4	Ergebnisse der räumlichen Ökonometrie.....	93
4.6	Schlussfolgerungen.....	100
4.7	Literaturangaben zu Kapitel 4	103
4.8	Anhang zu Kapitel 4	109
5	Schlussfolgerungen	115
5.1	Ergebnisse und Ausblick	115
5.2	Literaturangaben zu Kapitel 5	117

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Glättung der Sekundärdaten am Beispiel der altersspezifischen Fertilitätsraten eines Jahres.....	15
Abbildung 2-2: Algorithmus für die Kohorten-Komponenten-Methode.....	23
Abbildung 2-3: Geglättete altersspezifische Fertilitätsziffer je 1000 Frauen von 1981, 1990, 2000 und 2009.....	25
Abbildung 2-4: Geglättete und logarithmierte Mortalitätsziffern für Männer und Frauen von 1981 und 2009.....	26
Abbildung 2-5: Geschlechtsdifferenzierte Nettomigration nach Altersjahren von 2009.....	26
Abbildung 2-6: Entwicklung der Nettomigration (1975-2009)	27
Abbildung 2-7: Die erste Basisfunktion des Fertilitäts-Modells inklusive der Prognose des Koeffizienten $\beta_{t,1}$ von 2010 bis 2030 und dem 80%-Prognoseintervall (gepunktete Linien)	29
Abbildung 2-8: Prognose der Fertilitätsziffer je 1000 Frauen für 2010 (schwarz) und 2030 (grau) mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien).....	29
Abbildung 2-9: Entwicklung der TFR je 1000 Frauen von 1981–2030 mit dem 80%-Prognoseintervall	30
Abbildung 2-10: Die ersten Basisfunktionen des Mortalitäts-Modells inklusive der Prognose der Koeffizienten $\beta_{t,1}$ und $\gamma_{t,1}$ von 2010 bis 2030 und dem 80%-Prognoseintervall (gepunktete Linien)	31
Abbildung 2-11: Alters- und Geschlechtsspezifische Mortalitätsziffern von 2009 (schwarz) und die Prognose für 2030 (grau) mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)	32
Abbildung 2-12: Entwicklung der Lebenserwartung von Männern (schwarz) und Frauen (grau) von 1981-2030 und den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)	32
Abbildung 2-13: Die ersten Basisfunktionen des Migrations-Modells inklusive der Prognose der Koeffizienten $\beta_{t,1}$ und $\gamma_{t,1}$ bis 2030 und dem 80%-Prognoseintervall (gepunktete Linien)	33
Abbildung 2-14: Prognose der Altersverteilung der Nettomigration von Männern und Frauen für 2030 mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)	34
Abbildung 2-15: Entwicklung der männlichen und weiblichen Bevölkerung zwischen 2010 und 2030 mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)	35
Abbildung 2-16: Männliche und weibliche Bevölkerung nach Altersjahren 2009 (grau) und das 0,5-Quantil der Simulation für 2030 (schwarz) mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)	36
Abbildung 3-1: Die Erwerbspersonen als Teilmenge der Bevölkerung	48
Abbildung 3-2: Stilisierte Darstellung der männlichen und weiblichen Erwerbsquote.....	48

Abbildung 3-3: Die Dynamik der Entwicklung der Erwerbspersonen.....	49
Abbildung 3-4: Schema für die Berechnung der Erwerbsbevölkerung.....	52
Abbildung 3-5: Die funktionale Datenanalyse und die Glättung der Daten	56
Abbildung 3-6: Erwerbsquoten nach Alter und Geschlecht für die Jahre 2009, 2020 und 2030 (jeweils im „best-case“-Szenario)	58
Abbildung 3-7: Entwicklung der männlichen und weiblichen Erwerbspersonen bis 2030 nach Szenarien	59
Abbildung 3-8: Entwicklung der Anzahl Erwerbspersonen nach Altersgruppen bis 2030 nach Szenarien (normiert zum Basisjahr 2010)	61
Abbildung 3-9: Altersverteilung der männlichen und weiblichen Erwerbspersonen für 2010 und 2030 (im „best case“-Szenario)	61
Abbildung 3-10: Durchschnittsalter der männlichen und weiblichen Erwerbspersonen von 2010 bis 2030 nach Szenarien	62
Abbildung 3-11: Entwicklung der potentiellen Stützquote bis 2030 nach Szenarien.....	63
Abbildung 3-12: Entwicklung der Quote hochqualifizierter Beschäftigter bis 2030 nach Szenarien ...	64
Abbildung 3-13: Entwicklung der Hochqualifizierten bis 2030 nach Szenarien	65
Abbildung 3-14: Entwicklung der Bevölkerung, der Erwerbspersonen und der Hochqualifizierten bis 2030 zum Basisjahr 2010.....	66
Abbildung 4-1: Die Funktionalräume der Regionen Rhein-Main, Rhein-Neckar und Stuttgart	89
Abbildung 4-2: Anteil der Hochqualifizierten an allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Wohn- und Arbeitsort in der Metropolregion Rhein-Neckar.....	91
Abbildung 4-3: Moran-Scatterplot für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohn- und Arbeitsort .	92

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Die Untersuchungsregion.....	90
Tabelle 4-2: Lagrange Multiplier Test zur Modellspezifikation für die Modelle am Arbeits- und Wohnort	94
Tabelle 4-3: Einflussfaktoren auf den Anteil an Hochqualifizierten an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort (Spatial-Lag-Modell)	95
Tabelle 4-4: Einflussfaktoren auf den Anteil an Hochqualifizierten an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Wohnort (Spatial-Error-Modell mit einem Spatial Lag in den exogenen Variablen)	97

Anhänge

Anhang 2-1: Die sechs Basisfunktionen des Fertilitätsmodells	42
Anhang 2-2: Die sechs Basisfunktionen des Produkt-Modells zur Mortalität	43
Anhang 2-3: Die sechs Basisfunktionen des Verhältnis-Modells zur Mortalität.....	43
Anhang 2-4: Die sechs Basisfunktionen des Produkt-Modells zur Migration.....	44
Anhang 2-5: Die sechs Basisfunktionen des Verhältnis-Modells zur Migration	44
Anhang 4-1: Stadt- und Landkreise der Metropolregion Rhein-Neckar, ergänzt um diejenigen Kreise, die vom Kern der MRN aus innerhalb von 60 Minuten erreichbar sind	109
Anhang 4-2: Lokale Moran-Koeffizienten für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort	110
Anhang 4-3: Getis-Ord-Teststatistiken für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort.....	111
Anhang 4-4: Lokale Moran-Koeffizienten für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort	112
Anhang 4-5: Getis-Ord-Teststatistik für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort	113
Anhang 4-6: Liste der verwendeten Variablen	114

1 Allgemeine Einleitung

1.1 Hintergrund

Globalisierung und demographischer Wandel stellen Unternehmen im Rahmen ihres Personalmanagements vor wachsende Herausforderungen, da die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften sowohl für die Zukunftsfähigkeit einzelner Unternehmen als auch ganzer Branchen sowie für die Wettbewerbsfähigkeit einer ganzen Region zunehmend zu einer entscheidenden Determinante wird. Infolge des technologischen und sektoralen Wandels in Richtung „Wissensökonomie“ und Dienstleistungsgesellschaft ist seit Beginn der 1990er Jahre ein qualifikatorischer Strukturwandel zu beobachten, der sich in einem steigenden Bedarf an Fachkräften äußert. Gleichzeitig führt die natürliche Komponente der demographischen Entwicklung zu einer rückläufigen Zahl von Erwerbspersonen auf nationaler Ebene (Statistisches Bundesamt, 2009; Fuchs und Dörfler, 2005a, 2005b; Börsch-Supan und Wilke, 2009). Diese Entwicklung vollzieht sich auf regionaler Ebene jedoch uneinheitlich und wird auf die einzelnen regionalen Arbeitsmärkte ungleichmäßig ausstrahlen (Büttner, 2006: 57). Die Folge ist ein Wettbewerb um hoch qualifizierte Fachkräfte, der sich - bei großen regionalen Unterschieden - bereits heute in einigen Wirtschaftszweigen, beispielsweise im Maschinenbau, bemerkbar macht.

Die Regionalforschung hat durch den demographischen Wandel viele neue Impulse erhalten. Allerdings existiert bei der empirischen Umsetzung bestehender Ansätze noch erheblicher Forschungsbedarf. So erfordert beispielsweise der Bedeutungsgewinn des Wissens als Determinante der Regionalentwicklung neue Ansätze, um grenzüberschreitende Spillover-Effekte zu quantifizieren (v. Einem, 2009: 49). Diese treten insbesondere in funktional verflochtenen Regionen auf, deren Grenzen allerdings häufig nicht mit den administrativen Grenzen der untersuchten Gebiete übereinstimmen und deshalb statistische Messfehler und Verzerrungen verursachen. Hierbei helfen Ansätze aus der von Luc Anselin (1988; 2010) geprägten räumlichen Ökonometrie (Spatial Econometrics). Aber auch andere Themenfelder wie regionale Prognosen weisen vor dem Hintergrund des demographischen Wandels Forschungsbedarf auf. So liefern stochastische Ansätze, beispielsweise für Prognosen der Bevölkerung, im Vergleich zu den häufig von der amtlichen Statistik genutzten deterministischen „wenn... dann...“-Modellen wichtige Zusatzinformationen (Lee, 1999; Lipps und Betz, 2003; Keilman et al., 2002), jedoch sind diese Ansätze auf regionaler Ebene, meist aufgrund einer mangelnden Datenbasis und geeigneter Methoden bei der Aufbereitung, bislang kaum angewandt worden.

Das Ziel der vorliegenden Dissertation bildet deshalb die Formulierung und Anwendung neuer und die Weiterentwicklung bestehender Ansätze zur empirischen Regionalforschung am Beispiel der Metropolregion Rhein-Neckar. Diese Region gehört als einer der „Motoren der gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Entwicklung“ (Bundesamt für Bauwesen, Raumordnung und Städtebau, 1995: 29) in Deutschland seit April 2005 offiziell zu den „Europäischen Metropolregionen“. Das Gebiet im Schnittpunkt der drei Bundesländer Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen besitzt durch die Kurpfalz eine historische Tradition und ist durch eine gemeinsame Raumordnung seit 1969 und einem ersten Staatsvertrag als „Rhein-Neckar-Dreieck“ zu einem funktional verflochtenen Raum gewachsenen. Der polyzentrische Kernraum um die drei Oberzentren Mannheim, Heidelberg und Ludwigshafen versorgt den regionalen Arbeitsmarkt mit einem Großteil der Arbeitsplätze und ist Standort vieler börsennotierter Unternehmen (Oechsler und Müller, 2010: 15).

1.2 Aufbau und Methoden

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in fünf Kapitel, von denen die Kapitel 2, 3 und 4 drei eigenständige Aufsätze darstellen. Das zweite und dritte Kapitel prognostizieren die Entwicklung der Bevölkerung und der Erwerbspersonen der Metropolregion Rhein-Neckar bis 2030 in einem zweistufigen Modell und verdeutlichen den demographischen Druck auf den regionalen Arbeitsmarkt. Das vierte Kapitel untersucht explorativ, welche Faktoren die räumliche Verteilung des Anteils der Hochqualifizierten an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sowohl am Arbeits- als auch am Wohnort auf Kreisebene beeinflussen. Diese Erkenntnisse bilden in Kombination mit den Ergebnissen aus Kapitel zwei und drei als Grundlage zur Entwicklung geeigneter Maßnahmen, dem drohenden Fachkräftemangel entgegenzusteuern. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick (Kapitel 5). Die Literaturangaben finden sich am Ende der einzelnen Kapitel.

Das **zweite Kapitel** liefert eine stochastische Bevölkerungsprognose für die Metropolregion Rhein-Neckar differenziert nach Altersjahren und Geschlecht bis 2030. Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels erfreuen sich stochastische Bevölkerungsprognosen wachsender Beliebtheit, denn sie liefern im Vergleich zu der für Vorausberechnungen häufig verwendeten Szenariotechnik eine wichtige Zusatzinformation: Die prognostizierte Bevölkerung liegt innerhalb eines Schwankungsbereichs, dem eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden kann. Allerdings erfordert dieser Ansatz lange Zeitreihen und detaillierte Informationen über die Determinanten der Bevölkerungsentwicklung (Fertilität, Mortalität und Nettomigration), die auf regionaler Ebene häufig nicht in ausreichender Tiefe verfügbar, sondern in der Regel zu Altersgruppen zusammengefasst sind. Stochasti-

sche Bevölkerungsprognosen beschränken sich deshalb meist auf die nationale Ebene. Jedoch ermöglichen es Methoden der funktionalen Datenanalyse die erforderlichen demographischen Merkmale auf Altersjahre zu disaggregieren und als Datenbasis einer stochastischen Modellierung, auch auf regionaler Ebene, zu nutzen. Unter den verschiedenen methodischen Alternativen (vgl. Lipps und Betz, 2003: 5) eignen sich insbesondere Zeitreihenmodelle für eine Bevölkerungsprognose. In diesem Aufsatz werden am Beispiel der Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar das Zeitreihenmodell von Hyndman und Ullah (2007) für die Modellierung der Fertilitätsrate sowie der Ansatz von Hyndman et al. (2011) für die Mortalitätsrate und die Nettomigration verwendet, die beide auf der funktionalen Datenanalyse aufbauen. Der Ansatz von Hyndman et al. (2011) berücksichtigt geschlechtsspezifische Korrelationen zwischen den Raten und eignet sich deshalb besonders für die Modellierung der Mortalitätsraten und der Nettomigration. Beide Ansätze wurden bisher noch nicht für eine regionale Bevölkerungsprognose genutzt. Die Berechnungen basieren auf Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen. Der Aufsatz wurde in der „Comparative Population Studies“ am 25.4.2012 angenommen, die Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

Die Metropolregion Rhein-Neckar hat das Ziel formuliert „bis 2025 als eine der attraktivsten und wettbewerbsfähigsten Regionen in Europa bekannt und anerkannt“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011a: 4) zu sein. Eine erforderliche Grundlage für diese Entwicklung ist die Kenntnis über die Entwicklung der Anzahl der Erwerbspersonen. Zu diesem Zweck legt dieser Aufsatz (**drittes Kapitel**) alters- und geschlechtsspezifische Zahlen über die Entwicklung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter und der Erwerbspersonen für den siebtgrößten deutschen Wirtschaftsraum vor. Methodisch resultieren diese Ergebnisse aus einem zweistufigen Modell: Zunächst liefert die stochastische Bevölkerungsprognose aus Kapitel zwei alters- und geschlechtsspezifische Daten über die Bevölkerungsentwicklung bis 2030. Auf dieser Grundlage und Annahmen über das Erwerbsverhalten werden Szenarien formuliert, die die Spannweite der möglichen Entwicklung der Anzahl der Erwerbspersonen der Metropolregion Rhein-Neckar abdecken. Als Datenbasis für die Berechnung der Erwerbsquote dienen die Daten aus dem Mikrozensus des Statistischen Bundesamtes. Um repräsentative Ergebnisse zu gewährleisten, können aus dem Mikrozensus jedoch nur Werte berechnet werden, die nach Altersgruppen gegliedert sind. Auch hierbei erweist sich die funktionale Datenanalyse als äußerst hilfreich, da mit diesem Ansatz die altersgruppierten Erwerbsquoten auf Altersjahre disaggregiert werden können. An dieser Hürde scheiterten in der Regel altersdifferenzierte Vorausberechnungen der Erwerbspersonen auf regionaler Ebene (vgl. beispielsweise Niedersächsischer Landtag, 2007: 130). Neben der quantitativen ist auch die qualitative Entwicklung für den regionalen Arbeitsmarkt bedeutsam. In einer Erweiterung des Modells wird deshalb die Anzahl der Hochqualifizierten ebenfalls bis 2030 vorausberechnet. Die für die Berechnungen benötigten Informationen über die Quote der

Hochqualifizierten sind der INKAR-Datenbank entnommen (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2011).

Der Strukturwandel hin zu wissensbasierten Dienstleistungen und der High Tech Branche bedingt eine steigende Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitnehmern. Für eine erfolgreiche Regionalentwicklung ist daher ein ausreichender Bestand an Hochqualifizierten unabdingbar. Vor dem Hintergrund des sich abzeichnenden demographischen Wandels droht jedoch ein zukünftiger Mangel an Fachkräften auf nationaler Ebene. Diese Entwicklung wird sich regional sehr heterogen vollziehen und für Regionalplaner und Unternehmen wird es in Zukunft zunehmend schwerer werden, die „klugen Köpfe“ anzulocken, beziehungsweise sie nach dem Studium oder der Ausbildung in der Region zu halten. Das **vierte Kapitel** ist ein gemeinsamer Aufsatz mit Eva Müller und als Diskussionspapier in der „Department of Economics Working Paper Series“ der Universität Mannheim veröffentlicht (Deschermeier und Müller, 2012). Der Aufsatz untersucht mit Methoden der räumlichen Ökonometrie für die Metropolregion Rhein-Neckar und ihrem Pendlereinzugsgebiet, welche Faktoren den Anteil von Hochqualifizierten an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Wohn- und Arbeitsort auf Kreisebene beeinflussen. Die Abgrenzung der Untersuchungsregion basiert methodisch auf einer Faktorenanalyse der Pendlerverflechtungen auf Kreisebene und zielt darauf ab, das Pendlereinzugsgebiet überschneidungsfrei von den Wirtschaftsräumen Rhein-Main und Stuttgart abzubilden. Die Daten der Pendlerverflechtungen stammen von der Statistikstelle der Bundesagentur für Arbeit. Die ökonometrische Analyse beginnt mit einer explorativen Analyse räumlicher Daten (Rusche, 2008) und nutzt das Spatial-Lag- sowie das Spatial-Error-Modell (Anselin, 1999: 11). Die verwendeten Daten entstammen der INKAR-Datenbank.

1.3 Literaturangaben für Kapitel 1

Anselin, L. (1988): Spatial econometrics: Methods and Models. London.

Anselin, L. (1999): Spatial Econometrics. URL: http://www.csiss.org/learning_resources/content/papers/baltchap.pdf, zuletzt abgerufen am 09.03.12.

Anselin, L. (2010): Thirty years of Spatial Econometrics. In: Papers in Regional Science 89,1: 3–25.

Börsch-Supan, A.; Wilke, C. B. (2009): Zur mittel- und langfristigen Entwicklung der Erwerbstätigkeit in Deutschland. In: Zeitschrift für Arbeitsmarkt Forschung (ZAF) 42,1: 29–48.

Bundesamt für Bauwesen, Raumordnung und Städtebau (1995): Raumordnungspolitischer Handlungsrahmen. Bonn.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2011): INKAR - Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung – Version 2010: Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Bonn.

Büttner, T. (2006): Demographischer Wandel und regionale Arbeitsmärkte. In: Gans, P.; Schmitz-Veltin, A. (Hg.): Demographische Trends in Deutschland. Folgen für Städte und Regionen. Räumliche Konsequenzen des demographischen Wandels, Teil 6. Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 226, Hannover: 56–64.

Einem, E. von (2009): Wissensabsorption - die Stadt als Magnet. In: disP - The Planning Review 177,2: 48–69.

Fuchs, J.; Dörfler, K. (2005a): Projektion des Erwerbspotenzials bis 2050 – Annahmen und Datengrundlage. In: IAB Forschungsbericht 20/2005. Nürnberg.

Fuchs, J.; Dörfler, K. (2005b): Projektion des Arbeitsangebots bis 2050 – Demographische Effekte sind nicht mehr zu bremsen. In: IAB Kurzbericht 11/2005. Nürnberg.

Hyndman, R.; Ullah, S. (2007): Robust forecasting of mortality and fertility rates: a functional data approach. In: Computational Statistics & Data Analysis 51: 4942–4956.

Keilman, N.; Pham, D. Q.; Hetland, A. (2002): Why population forecasts should be probabilistic - Illustrated by the case of Norway. In: Demographic Research 6: 409–453.

Lee, R. (1999): Probabilistic approaches to population forecasting. In: Lutz, W., Vaupel, J. und Ahlburg, D. (Hg.): Frontiers of population forecasting. A supplement to Population and Development Review 24: 156–190.

Lipps, O.; Betz, F. (2003): Stochastische Bevölkerungsprognose für West- und Ostdeutschland. MEA Discussion Paper 41. Mannheim.

Oechsler, W. A.; Müller, E. M. (2010): Arbeitsmarkt und Beschäftigung in der Metropolregion Rhein-Neckar. In : Egle, F.; Esser, C.-H. (Hg.): Schriftenreihe Arbeit und Bildung des Heinrich-Vetter-Forschungsinstituts e.V., Bd. 2. Frankfurt.

Statistisches Bundesamt (2009): 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung – Annahmen und Ergebnisse. Wiesbaden.

Rusche, K. (2008): Quality of Life in the Regions: An Exploratory Spatial Data Analysis for West German Labor Markets. CAWM Discussion Paper 10. Münster.

2 Die Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar. Eine stochastische Bevölkerungsprognose auf Basis des Paradigmas funktionaler Daten

2.1 Einleitung

Der demographische Wandel verändert die Gesellschaft tief greifend: Das Verhältnis von Jungen zu Alten und von Erwerbstätigen zu Rentnern verschiebt sich zu Gunsten der älteren Personen. Sowohl die öffentliche Debatte als auch die wissenschaftliche Forschung in Europa konzentrieren sich weitgehend auf sozialpolitische und ökonomische Konsequenzen des demographischen Wandels. Insbesondere liegt der Fokus auf dem Finanzierungsproblem der staatlichen Rentenversicherung, wodurch der negative Klang des Begriffs "Bevölkerungsalterung" entstand. Dabei wird häufig die positive Seite des demographischen Wandels vergessen: Menschen haben eine höhere Lebenserwartung und eine längere aktive Lebensspanne (Schnabel et al., 2005: 3).

Die steigende Lebenserwartung, insbesondere die überdurchschnittlich sinkende Mortalität älterer Menschen, bewirkt bei anhaltend niedriger Geburtenhäufigkeit weit reichende Veränderungen der Altersstruktur. Obgleich auf nationaler Ebene nur ein geringfügiger Rückgang der Bevölkerung in den kommenden 20 Jahren prognostiziert ist (von 81 Mio. auf ca. 77 bis 79 Mio. Einwohner mit Zuwanderung), wird die Anzahl der Menschen im erwerbsfähigen Alter deutlich zurückgehen (Statistisches Bundesamt, 2009; Fuchs und Dörfler, 2005a, 2005b; Börsch-Supan und Wilke 2009). So steht die Gesellschaft in den kommenden Jahrzehnten vor einem einschneidenden makroökonomischen Strukturwandel, der alle wichtigen Märkte betrifft: Dem Arbeitsmarkt fehlen junge Erwerbstätige, die Produktmärkte müssen sich auf strukturell veränderte Konsumentenwünsche einstellen und auf dem Kapitalmarkt ändern sich Sparverhalten und die Nachfrage nach Vermögensanlagen (Börsch-Supan, 2007). Auf regionaler Ebene divergiert die zukünftige Bevölkerungsentwicklung nach Zahl und Struktur aufgrund unterschiedlicher ökonomischer Bedingungen in hohem Maße, so dass sich aus den von Region zu Region abweichenden Konsequenzen für die Güternachfrage, den Wohnungsmarkt oder das Arbeitskräfteangebot ein steigender Bedarf an regionalen Bevölkerungsprognosen als quantitative Entscheidungsgrundlage für die Regionalplanung ableiten lässt. Insbesondere stochastische Modellierungen, die Methoden aus der Zeitreihenanalyse nutzen, erfreuen sich größer werdender Beliebtheit. Allerdings erfordern diese Ansätze möglichst lange Zeitreihen verschiedener demogra-

phischer Merkmale wie etwa der Sterblichkeit und Informationen über deren alters- und geschlechtsdifferenzierte Struktur, die auf regionaler Ebene häufig nicht verfügbar sind. Daher sind stochastische Modellierungen meist nur auf nationaler Ebene durchführbar. Darüber hinaus werden die für eine Bevölkerungsprognose erforderlichen Daten von den verschiedenen Statistischen Landesämtern häufig unterschiedlich aufbereitet. So weicht beispielsweise die Struktur von altersspezifischen Merkmalen zwischen den Ländern voneinander ab, wodurch die Bevölkerungsentwicklung gerade für länderübergreifende polyzentrische Metropolregionen schwer zu modellieren ist.

Der vorliegende Beitrag liefert eine stochastische Prognose der Bevölkerung der Metropolregion Rhein-Neckar gegliedert nach Altersjahren (bis 90+ Jahre) und Geschlecht von 2010 bis 2030. Die Region liegt im Schnittpunkt der drei Bundesländer Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz und bildet einen gewachsenen Wirtschaftsraum. Dessen soziokulturelle Beziehungen reichen einerseits bis weit in die Vergangenheit zurück, in der der Raum als „Kurpfalz“ eine territoriale Einheit bildete. Andererseits haben sich seit den 1970er Jahren bundeslandübergreifende ökonomische Verflechtungen entwickelt, die mit der Initiative „Rhein-Neckar-Dreieck“ verbunden sind (Lowack, 2007: 132). Die drei zentral gelegenen Oberzentren Mannheim, Heidelberg und Ludwigshafen prägen die polyzentrische Struktur der Region, die mit etwa 2,4 Millionen Einwohnern siebtgrößter Wirtschaftsraum Deutschlands ist. Das Gebiet erstreckt sich über insgesamt 15 Landkreise und kreisfreie Städte. Metropolregionen gelten als „Motoren der wirtschaftlichen Entwicklung“ (Bundesamt für Bauwesen, Raumordnung und Städtebau, 1995), von denen Impulse auf strukturschwächere Regionen ausstrahlen sollen. Sie stehen jedoch durch den zukünftigen Bevölkerungsrückgang in Konkurrenz, insbesondere um hoch qualifizierte Arbeitskräfte (Klein, 2008: 44). Dieser „Kampf um kluge Köpfe“ (Chambers et al., 1998: 1) verdeutlicht die Bedeutung regionaler Bevölkerungsprognosen, die helfen, zukünftige Engpässe frühzeitig zu identifizieren und ermöglichen eine angemessene Reaktion, beispielsweise durch Aus- und Weiterbildungsprogramme (Gans et al., 2009: 118). Die Metropolregion Rhein-Neckar integriert die sich abzeichnenden Herausforderungen über einen „Lenkungsreis Demographie“, ein Netzwerk regionaler Entscheidungsträger, in die Regionalstrategie „Demographischer Wandel“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011: 26).

Die im Folgenden vorgestellte Bevölkerungsprognose nutzt das Paradigma funktionaler Daten für eine altersdifferenzierte Analyse der demographischen Entwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar. Dieser Ansatz basiert auf der Idee, dass die sekundärstatistische Datenbasis der einzelnen Altersgruppen aggregierten demographischen Merkmale einem messbaren funktionalen Zusammenhang folgt. Ziel der Untersuchung ist es, diesen zu schätzen und für Prognosen zu nutzen. Auf diese Weise können die unterschiedlich strukturierten und gegliederten Datensätze der eingehenden demographischen Merkmale der statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rhein-

land-Pfalz auf eine Untersuchungsregion geglättet und zu einer Gesamtregion aggregiert werden. Auf dem Paradigma funktionaler Daten basieren Zeitreihenmodelle (Kapitel 2.3), welche die Unsicherheit der demographischen Entwicklung durch Konfidenzintervalle genauer abbilden, als die häufig verwendete Szenariotechnik. Kapitel 2.4 verdeutlicht die Vorteile des Ansatzes am Beispiel der Metropolregion Rhein-Neckar und Kapitel 2.5 schließt mit einem Ausblick.

2.2 Bevölkerungsprognosen

Die demographische Zukunft einer Region ist unsicher, denn es gibt sehr viele denkbare Verläufe. Die Literatur unterscheidet zwei methodische Ansätze um mit dieser Herausforderung umzugehen. Die traditionelle Herangehensweise stellen deterministische Ansätze dar. Diese werden zwar häufig von der amtlichen Statistik genutzt, bilden die Entwicklung der Bevölkerung jedoch ohne genaue Informationen über die Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung ab (Lipps und Betz, 2004: 1). Eine Möglichkeit hierzu bieten mathematische Extrapolationsmethoden, die die Trends der Vergangenheit analysieren und über Wachstumsfunktionen fortschreiben. Die Verwendung von Wachstumsraten eignet sich dabei jedoch insbesondere für großräumige Vorausberechnungen wie beispielsweise die der Weltbevölkerung (O'Neill et al., 2001: 207) und weniger für eine Modellierung auf regionaler Ebene, deren Entwicklung durch eine größere Dynamik, insbesondere durch Wanderungsbewegungen, geprägt ist. Um diese Aspekte zu berücksichtigen, nutzen gängige deterministische Verfahren die demographische Grundgleichung als Grundlage (Bähr et al., 1992: 327):

$$B_t = B_{t-1} + G_{t-1,t} - S_{t-1,t} + M_{t-1,t} \quad (2.1)$$

mit B_t = Bevölkerung zum Zeitpunkt t ;

B_{t-1} = Bevölkerung zum Zeitpunkt $t-1$;

$G_{t-1,t}$ = Geburten, zwischen $t-1$ und t ;

$S_{t-1,t}$ = Sterbefälle, zwischen $t-1$ und t sowie

$M_{t-1,t}$ = Nettomigration zwischen $t-1$ und t .

Aus einer Ausgangsbevölkerung und Annahmen über die demographischen Determinanten (Fertilität, Mortalität und Nettomigration) berechnet sich ein möglicher Verlauf der zukünftigen Bevölkerung (Statistisches Bundesamt, 2009: 9). Die demographische Grundgleichung unterscheidet verschiedene Zeitpunkte, betrachtet die Bevölkerung allerdings nur im Aggregat. Um die vielfältigen Veränderungen des demographischen Wandels sichtbar zu machen, muss die Grundgleichung nach Alter ($x = 0, 1, 2, \dots, k-1, k$) und Geschlecht (M=Männer und F=Frauen) der Bevölkerung differenziert werden. Die Geburten und Sterbefälle der einzelnen Altersklassen ergeben sich aus dem Produkt der zugrunde liegenden demographischen Ziffern mit der Bevölkerung des Vorjahres. Die demographische Entwicklung einer Region ist somit durch fünf Komponenten bestimmt: die Fertilitätsziffer, die männliche und weibliche Mortalitätsziffer sowie die geschlechtsdifferenzierte Nettomigration. Die Kohorten-Komponenten-Methode formalisiert die weibliche Bevölkerungsentwicklung (Index „F“) zu einem Matrixmodell (Lee und Tuljapurkar, 1994: 1178):

$$B_{t+1}^F = \Omega_t^F B_t^F + M_{t+1,t}^F, \quad (2.2)$$

beziehungsweise (Pflaumer, 1988: 136):

$$\begin{pmatrix} B_{0,t+1}^F \\ B_{1,t+1}^F \\ B_{2,t+1}^F \\ \vdots \\ \vdots \\ B_{k,t+1}^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \dots & v f_{15,t} \alpha_{*,t}^F & \dots & v f_{49,t} \alpha_{*,t}^F & 0 & \dots & 0 \\ \alpha_{0,t}^F & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \alpha_{1,t}^F & 0 & \dots & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & \ddots & & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & 0 & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & \alpha_{k-1,t}^F & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{0,t}^F \\ B_{1,t}^F \\ B_{2,t}^F \\ \vdots \\ \vdots \\ B_{k,t}^F \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M_{0,t}^F \\ M_{1,t}^F \\ M_{2,t}^F \\ \vdots \\ \vdots \\ M_{k,t}^F \end{pmatrix}. \quad (2.3)$$

Die (weibliche) Bevölkerung eines Altersjahres x der Folgeperiode $t+1$ berechnet sich aus dem Summenprodukt einer Zeile der Matrix Ω (der Mortalitätsziffer $m_{x,t}$ bzw. Fertilitätsziffern $f_{x,t}$) mit dem Spaltenvektor der Bevölkerung zum Zeitpunkt t . Der Parameter v quantifiziert den Anteil der neugeborenen Mädchen und $\alpha_{x,t}$ die Überlebenswahrscheinlichkeit, definiert als $(1-m_{x,t})$. Dieses Produkt liefert einen Vektor für die natürliche Bevölkerungsentwicklung. Die Anzahl der Neugeborenen berechnet sich aus der Summe der Frauen im gebärfähigen Alter multipliziert mit den Fertilitätsziffern. Dieser Wert wird auf die beiden Geschlechter verteilt und anschließend mit der Wahrscheinlichkeit

das erste halbe Lebensjahr zu überleben multipliziert ($\alpha_{*,t}$) Aus der Addition des Vektors für die natürliche Bevölkerungsentwicklung mit dem Vektor der Nettomigration resultiert die Bevölkerung zum Zeitpunkt $t+1$.

Da die Kohorten-Komponenten-Methode die einzelnen Komponenten der demographischen Grundgleichung getrennt betrachtet und Kohorten (meist Altersjahre) unterscheidet, können Einflüsse, die nur auf bestimmte Altersbereiche einwirken, präzise abgebildet werden. Dieser Ansatz wurde bereits in den 1920er Jahren von Whelpton (1928) zur Vorausberechnung der Bevölkerung der USA von 1925 bis 1975 genutzt (Bähr et al., 1992: 500). Dieser Ansatz gilt heute als das Standardverfahren für Modellierungen der Bevölkerungsentwicklung und wird von der amtlichen Statistik genutzt (beispielsweise Statistisches Bundesamt, 2009). Um die Unsicherheit der demographischen Zukunft zu berücksichtigen, werden durch verschiedene Annahmen über die demographischen Ziffern unterschiedliche Verläufe berechnet. Diese Szenarien (Lutz et al., 1998a: 140) umfassen meist eine optimistische, neutrale und pessimistische Entwicklung. Bei der Interpretation der Szenarien wird häufig der Fehler begangen, den Schwankungsbereich zwischen dem pessimistischen und optimistischen Verlauf als Maß für die Unsicherheit zu interpretieren (Keyfitz, 1972: 353). Für regionale Prognosen erscheint die Kombination verschiedener Annahmen als ungeeignet, da insbesondere die zukünftigen Wanderungsbewegungen einen großen Einfluss auf die Bevölkerungsstruktur besitzen, aber mit sehr großer Unsicherheit behaftet sind.¹

Obwohl die deterministische Herangehensweise seit Jahren von den offiziellen Stellen praktiziert wird, ist sie nicht unproblematisch (Lee, 1999; Lipps und Betz, 2003; Keilman et al., 2002). Außer der Spannweite möglicher Entwicklungen trifft der deterministische Ansatz keine Aussagen über den Eintritt der einzelnen Szenarien. Stochastische Ansätze dagegen ermöglichen Prognosen, bei denen die Wahrscheinlichkeit angegeben wird, mit der das Ergebnis innerhalb eines bestimmten Schwankungsbereichs liegt und dies stellt beispielsweise für die Politikberatung eine wertvolle Zusatzinformation dar. So würden Regionalplaner gerne wissen, welches Szenario das wahrscheinlichste ist, um „böse Überraschungen“ zu vermeiden und konkretere Pläne zu formulieren. Darüber hinaus spricht die Annahme fixer demographischer Komponenten gegen die Verwendung von Szenarien. So wird die Anzahl der lebendgeborenen Kinder einer Frau häufig mit 1,4 festgelegt, wodurch die zukünftigen Werte vollkommen durch die vorangegangenen Perioden bestimmt sind. Lipps und Betz (2003: 4-5) zeigen an einem einfachen Rechenbeispiel, dass die Entwicklung einer als fix (perfekte Autokorrelation) angenommenen demographischen Komponente bei einem Zeithorizont von 20 Jahren deutlich von einer auf Zeitreihenmodellen basierenden Prognose trotz marginaler Unterschiede in den einzel-

¹ Darüber hinaus findet der interessierte Leser bei Rogers (1985) eine ausführliche Darstellung und Diskussion verschiedener Ansätze für regionale Bevölkerungsprognosen.

nen Perioden abweicht. Darüber hinaus resultiert perfekte Autokorrelation zwischen den demographischen Variablen auch aus der Kombination der getroffenen Annahmen. Ein mögliches Szenario „hohes Bevölkerungswachstum“ entsteht aus der Kombination hoher Fertilität und niedriger Sterblichkeit bzw. hoher Lebenserwartung. In diesem Szenario impliziert eine hohe Geburtenziffer eine hohe Lebenserwartung (Keilman et al., 2002: 410). Diese Autokorrelation zwischen den demographischen Variablen erzeugt Inkonsistenzen, da extreme Annahmen über eine Variable nicht zwangsläufig extreme Annahmen über eine andere Variable nach sich ziehen müssen. Eine Bevölkerungsprognose sollte daher zwei Bestandteile aufweisen (Keilman et al., 2002: 410):

1. eine Spannweite der möglichen Entwicklung und
2. eine Eintrittswahrscheinlichkeit für diese Spannweite.

Außerdem sollte eine Prognose vier Arten an Korrelation berücksichtigen können: über die Zeit, zwischen den verschiedenen Altersklassen, zwischen den Geschlechtern und zwischen den demographischen Komponenten². Eine mögliche Korrelation zwischen den verschiedenen demographischen Ziffern spielt in entwickelten Ländern jedoch nur eine untergeordnete Rolle (Keilman et al., 2002: 412). Nur die stochastische Herangehensweise kann diese Anforderungen an eine Prognose erfüllen, denn die zukünftigen Werte liegen in einem Konfidenzintervall, das als Maß für die erwartete Genauigkeit dient. Dabei können drei Ansätze unterschieden werden (Lipps und Betz, 2003: 5):

- Analyse historischer Prognosefehler
- Annahmen von Expertengruppen
- Zeitreihenmodelle

Die Analyse historischer Prognosefehler geht auf Keyfitz (1981) und Stoto (1983) zurück. Aus dem Vergleich früherer Prognosen mit der tatsächlichen Entwicklung können Prognosefehler abgeleitet werden, aus denen sich ein Prognoseintervall für die Zukunft bestimmen lässt (Keilman et al., 2002: 415). Dieser Ansatz liefert aber nur brauchbare Resultate, wenn die zukünftigen Schwankungen der demographischen Ziffern den bisherigen ähneln und Fehleinschätzungen auch für die Zukunft gelten

² Eine ausführliche Diskussion der verschiedenen Arten der Korrelation findet sich bei Keilman et al. (2002: 412-414).

(Lipps und Betz, 2003: 5). Außerdem stehen häufig nur wenige Perioden zur Ableitung der Fehler und der Konstruktion der Prognoseintervalle zur Verfügung, weswegen die Güte des Ansatzes fragwürdig erscheint. Darüber hinaus basieren frühere Prognosen auf Methoden, die häufig nicht mehr dem Stand der Forschung entsprechen und deshalb als ungenauer eingestuft werden müssen als Prognosen mit aktuellen Methoden. Auf regionaler Ebene ist dieser Ansatz aufgrund fehlender Prognosen in der Regel nicht oder nur schwer umsetzbar.

Lutz et al (1996, 1998a und 1998b) nutzen die Annahmen von Expertengruppen zur Projektion der demographischen Raten und deren Unsicherheit (Lutz et al., 1996). Eine Expertengruppe einigt sich sowohl auf eine Punktschätzung als auch auf ein Konfidenzintervall. Unter einer Verteilungsannahme für die demographischen Ziffern und Annahmen über deren Korrelation wird im nächsten Schritt durch eine Simulation eine Projektion der Bevölkerungsentwicklung mit einem Schwankungsbereich berechnet. Gegen die Verwendung dieser Herangehensweise führen Keilman et al. (2002: 415) an, dass selbst Experten nicht zuverlässig zwischen einem 95% und einem 99% Konfidenzintervall unterscheiden können. Außerdem ist das Risiko einer seriellen Korrelation hoch, die zu inkonsistenten Konfidenzintervallen führt. Lee (1999: 172) diskutiert, dass es keinen objektiven Weg gibt, um die Unsicherheit über zukünftige demographische Entwicklungen aus Expertenmeinungen abzuleiten. Darüber hinaus stehen geeignete Expertengruppen auf regionaler Ebene eventuell nicht zur Verfügung, so dass dieser Ansatz unter Umständen nicht umgesetzt werden kann.

Zeitreihenmodelle basieren auf der Annahme, dass die demographischen Entwicklungen der Vergangenheit durch ein statistisches Modell erklärt werden können und dieser Zusammenhang auch in der Zukunft gilt. Das wohl bekannteste Zeitreihenmodell ist das von Lee und Carter (1992) zur Modellierung der Mortalität. Dieser zweistufige Ansatz zur Abschätzung zukünftiger Trendentwicklungen der alters- und geschlechtsspezifischen Sterbeziffern passt im ersten Schritt das Modell an die Zeitreihen der Sterbeziffern an, um im zweiten Schritt deren Entwicklung in die Zukunft zu übertragen. Da der Ansatz leicht zu implementieren ist und sich als flexibel erwiesen hat, ist er vielfach adaptiert und weiterentwickelt worden (Booth, 2006). Hyndman und Booth (2008: 324) geben einen Überblick über weitere Ansätze zur Modellierung der demographischen Raten. Zeitreihenmodelle eignen sich nur für kurz- und mittelfristige Prognosen (Keilman et al., 2002: 414), ein zu langer Zeithorizont resultiert in unrealistischen Prognosen und sehr weiten Konfidenzintervallen (Sanderson, 1995: 274). Die wesentlichen Vorteile von Zeitreihenmodellen gegenüber den beiden stochastischen Alternativen für eine regionale stochastische Bevölkerungsprognose bestehen darin, dass die Unsicherheit konsistent abgebildet werden kann und weder frühere Prognosen noch Expertengruppen erfordern. Da auf regionaler Ebene viele Daten häufig nur für aggregierte Altersgruppen verfügbar sind, erscheinen das Paradigma funktionaler Daten und darauf aufbauende Modelle als hilfreich für eine regionale Bevöl-

kerungsprognose.³ Denn dieser Ansatz ermöglicht eine effektive Disaggregation der Sekundärdaten. Die darauf aufbauenden Modelle von Hyndman und Ullah (2007) sowie Hyndman et al. (2011) weisen geringere Prognoseintervalle auf, als alternative Ansätze (Hyndman und Ullah, 2007: 4953, Hyndman et al., 2011: 25). Deshalb bilden diese Modelle die Grundlage für die stochastische Bevölkerungsprognose der Metropolregion Rhein-Neckar.

2.3 Das Paradigma funktionaler Daten

2.3.1 Grundidee

Eine Analyse der Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Bevölkerungsstruktur erfordert nach Altersjahren gegliederte demographische Merkmale. Bei einer nicht optimalen Datenlage erweist sich das Paradigma funktionaler Daten als überaus hilfreich, denn insbesondere auf regionaler Ebene sind Sekundärdaten häufig nur differenziert nach Altersgruppen verfügbar. Die Analyse funktionaler Daten („functional data analysis“, nachfolgend FDA) stellt einen Ansatz dar, der sich als Ansatz im Umgang mit Datenreihen begreift, bei dem eine Kurve einzelne Datenpunkte verbindet, die eine zusammenhängende Reihe darstellen (Ramsay und Silverman, 2001: 5822). Ziel der FDA ist es, diese Funktion zu schätzen und als Grundlage für Prognosen zu nutzen. Hierbei dient jede sekundärstatistische Beobachtung $Y_t(x)$ einer demographischen Komponente als Stützpunkt für eine glatte Funktion $s_t(x)$. Bei einem Horizont von N Zeitpunkten ergeben sich somit N Kurven. Jede Beobachtung unterliegt einem Messfehler $\varepsilon_t(x)$, woraus folgendes Modell resultiert (Ramsay, 2008: 5):

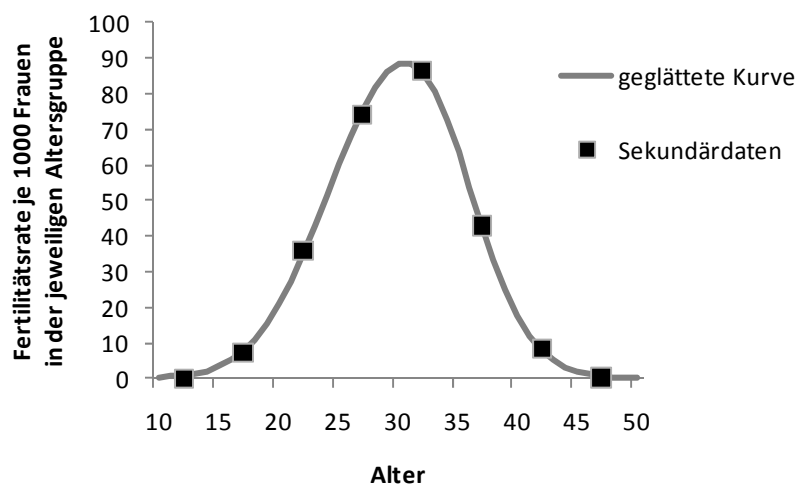
$$Y_t(x) = s_t(x) + \varepsilon_t(x) \quad (2.4)$$

Um die für die FDA benötigten Informationen über die glatten Funktionen $s_t(x)$ zu erhalten, müssen die einzelnen demographischen Parameter mit ihren Informationen für Altersgruppen auf Altersjahre disaggregiert werden. Das statistische Glätten (smoothing) ist ein Ansatz, der versucht wesentliche, aber nicht verfügbare Muster eines Datensatzes zu schätzen und dabei eventuelles Rauschen zu beseitigen. Nach Wood (1994: 27) liefern kubische Spline-Funktionen die besten Resultate für demographische Daten. Der jeweils mittlere Wert der einzelnen Altersgruppen bilden Stützpunkte oder

³ Der interessierte Leser findet eine ausführliche Diskussion der verschiedenen methodischen Ansätze bei O'Neill et al. (2001: 210-222).

Knoten, von denen sich der erste am Anfang der ersten Altersgruppe (Alter=0) befindet, der nächste Knoten am mittleren Wert der zweiten Gruppe und so weiter. Der letzte Knoten befindet sich am Ende der obersten Altersgruppe. Die Altersjahre, die zu einer Altersgruppe zusammengefasst sind, bilden einen Abschnitt. Das Glättungsverfahren vereinigt die Knoten durch unterschiedliche kubische Polynome für die einzelnen Abschnitte zu einer Kurve, die für alle Punkte stetig differenzierbar ist. Durch den Verlauf der Spline-Funktionen lässt sich für jedes Altersjahr ein Wert für die zu modellierende demographische Komponente ablesen. Abbildung 2-1 verdeutlicht das Vorgehen an einer beispielhaften Fertilitätsziffer: die mittleren Werte der einzelnen Altersgruppen bilden die Knoten, (Quadrate) zwischen denen kubische Splines verlaufen, aus denen sich die geglättete Kurve zusammensetzt.

Abbildung 2-1: Glättung der Sekundärdaten am Beispiel der altersspezifischen Fertilitätsraten eines Jahres



Quelle: Eigener Entwurf.

Funktionale Daten, beziehungsweise die einzelnen glatten Funktionen für die N Zeitpunkte, unterliegen zwei Variationen: einem Amplitudenrauschen und einer Phasenverschiebung (Ramsay, 2008: 3). Das Amplitudenrauschen stellt eine vertikale Variation der Funktionen über die Zeit dar, die „Höhe“ der Funktionswerte ist demnach nicht konstant. Die Phasenverschiebung zeigt die horizontale Variation an, dass zum Beispiel über N Zeitpunkte die altersspezifischen Ausprägungen der demographischen Parameter einen bestimmten Trend aufweisen. So erhöhte sich in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich das Alter der Frauen, für das das Maximum der altersspezifischen Geburtenziffer erreicht wurde. Diese Variationen der Kurven erschweren die Modellierung durch Zeitreihenmodelle,

denn durch die Glättung der Daten auf Altersjahre wären Modelle mit sehr vielen Parametern nötig, um alle Entwicklungen im Alter und der Zeit adäquat darzustellen. Deshalb nutzt die FDA den sogenannten „time-warping“-Ansatz, um die charakteristischen Merkmale einer Funktion mit einer geringen Anzahl an Parametern abzubilden und deren Variation durch das Amplitudenrauschen und die Phasenverschiebung zu minimieren (Ramsay und Silverman, 2001: 5823): Eine Linearkombination von Basisfunktionen ϕ_k ($k=1,\dots,K$) korrigiert die Verzerrungen:

$$\sum_{k=1}^K \beta_k \phi_k(x). \quad (2.5)$$

Die Basisfunktionen enthalten Informationen über die alters- und zeitspezifischen Entwicklungen der glatten Funktion. Ein Zeitreihenmodell wird umso flexibler, je mehr Basisfunktionen verwendet werden. Die große Herausforderung besteht darin, die Funktion einfach und die Anzahl der verwendeten Parameter gering zu halten. Denn je mehr Basisfunktionen in die Berechnung der glatten Funktion eingehen, umso sensibler reagiert die Funktion auf Messfehler. Dieser Ansatz ist weit verbreitet, da die Basisfunktionen durch eine Hauptkomponentenanalyse einfach geschätzt werden können, welche die Entwicklung aller wesentlichen Merkmale der zugrunde liegenden Kurven im Zeitverlauf beschreibt. Diese auch als Registrierung bezeichnete Ausrichtung der Funktionen über den Zeithorizont erleichtert weiterführende Auswertungen und verbessert die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Zeitpunkten. Die verbleibende Variation der Kurven geht nur noch auf reines Amplitudenrauschen zurück.

2.3.2 Modelle

Hyndman und Ullah (2007) nutzen das Paradigma funktionaler Daten zur Entwicklung eines Modells, das verschiedene demographische Parameter zuverlässig abbilden kann. So bezeichnet $Y_t(x)$ den Wert einer demographischen Rate für das Alter x zum Zeitpunkt t . Auf Basis der Grundidee der FDA liegt dem Modell eine glatte Funktion $s_t(x)$ zugrunde, die mit einem Fehler zu einem diskreten Zeitpunkt in Abhängigkeit vom Alter beobachtet wird. Für die (sekundärstatistischen) Datenpunkte $\{x_i, y_t(x_i)\}$ mit $t=1\dots n$ und $i = 1,\dots,$ „höchste Altersklasse“, gilt:

$$Y_t(x) = s_t(x) + \sigma_t(x)\varepsilon_t(x). \quad (2.6)$$

Die Fehlerterme $\varepsilon_{t,x}$ sind unabhängig und identisch verteilt und durch den Term σ_t in Abhängigkeit vom Alter gewichtet. Dies ist sinnvoll, denn bei kleinen Funktionswerten in bestimmten Altersbereichen, wie beispielsweise bei der Fertilitätsziffer für Frauen unter 15 und über 45 Jahren, sind auch die Messfehler entsprechend klein. Ohne Gewichtung könnte der Eindruck entstehen, dass das Modell in diesen Abschnitten die Daten besser abbildet als in anderen Altersbereichen. Die Modellierung zielt auf die Prognose von $Y_t(x)$ für den Horizont von h Zeitpunkten ($t = n+1, \dots, n+h$) und alle definierten Altersklassen. Dieser Ansatz basiert auf dem Paradigma funktionaler Daten und versucht das Amplitudenrauschen und die Phasenverschiebung als Quelle für Messfehler zu identifizieren und zu erfassen:

1. Für eine Bevölkerungsprognose sind Daten wünschenswert, die nach Altersjahren gegliedert sind, denn nur so können zum Beispiel die vielfältigen Wirkungen des demographischen Wandels auf die Altersstruktur der Bevölkerung sichtbar gemacht werden. Häufig sind sekundärstatistische Daten allerdings zu Altersgruppen aggregiert. In diesem Fall wird mit Hilfe nichtparametrischer-smoothing-Methoden für jeden vorliegenden Zeitpunkt die Altersstruktur geglättet, um die Y_t zugrunde liegende Funktion schätzen zu können. Für jeden Zeitpunkt wird eine separate Funktion geschätzt.
2. Die Modellierung aller wesentlichen charakteristischen Eigenschaften eines demographischen Merkmals erfordert eine Vielzahl an Parametern. Die hierfür benötigten langen Zeitreihendaten sind insbesondere auf regionaler Ebene, unter anderem aufgrund von Gebietsreformen, selten verfügbar. Stattdessen zerlegen Basisfunktionen die in Schritt eins geschätzten Funktionen in Einzelbausteine, die alle wesentlichen Merkmale enthalten, dabei aber mit einer geringen Anzahl an Parametern auskommen:

$$s_t(x) = \mu(x) + \sum_{k=1}^K \beta_{t,k} \varphi_k(x) + e_t(x), \quad (2.7)$$

wobei $\mu(x)$ den Mittelwert von $s_t(x)$ über alle betrachteten Jahre darstellt, $\{\varphi_k(x)\}$ ist ein Set an Basisfunktionen und $e_t(x)$ ein normalverteilter Fehlerterm mit Mittelwert 0 und Varianz $\text{var}(x)$. Die Basisfunktionen sind das Ergebnis einer Hauptkomponentenanalyse. Der Mittel-

wert bildet die wesentliche Struktur des modellierten demographischen Merkmals ab, während die im Alter und der Zeit vom Mittelwert abweichenden Entwicklungen durch das Amplitudenrauschen und die Phasenverschiebung in den Basisfunktionen enthalten sind.

3. Für jeden Koeffizienten $\beta_{t,k}$ mit $k=1,\dots,K$ wird ein univariates Zeitreihenmodell geschätzt. Hyndman und Booth (2008: 327) zeigen, dass die Methode unempfindlich auf die Wahl von K reagiert, wenn ein hinreichend hoher Wert zugrunde liegt. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, möglichst viele Basisfunktionen zu bilden. Allerdings steigt dadurch die Dauer der Berechnung der Modelle und die Basisfunktionen mit einem geringen Erklärungsgehalt sind unter Umständen nur schwer oder gar nicht interpretierbar.
4. Die Variation durch das Amplitudenrauschen und die Phasenverschiebung unterliegt zeitlichen Schwankungen. Der Parameter $\beta_{t,k}$ bildet diese Entwicklungen ab und wird für einen Zeithorizont von h Zeitpunkten prognostiziert:

$$\hat{y}_{n,h}(x) = \hat{\mu}(x) + \sum_{k=1}^K \hat{\beta}_{n,k,h} \hat{\phi}_k(x), \quad (2.8)$$

wobei $\hat{\beta}_{n,k,h}$ den Schätzer zum Zeitpunkt $n+h$ für $\beta_{n+h,k}$ kennzeichnet.

5. Die geschätzten und prognostizierten Werte bilden die Grundlage für die Berechnung der zukünftigen Werte von $s_t(x)$ aus Schritt zwei, denn aus den Punktschätzern, multipliziert mit den geschätzten Basisfunktionen, berechnen sich die Prognosen für alle Altersgruppen.
6. Aus den geschätzten und prognostizierten Varianzen der Fehlerterme (Schritt zwei) berechnen sich die Prognoseintervalle. Diese Konfidenzintervalle stellen eine wertvolle Zusatzinformation gegenüber deterministischen Ansätzen dar, denn anstatt den Schwankungsbereich möglicher Entwicklungen einfach durch eine Variation von Szenarien mit unterschiedlichen Annahmen abzubilden, liegen diesem Ansatz statistische Methoden und Verteilungen zugrunde.

Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass er glatte Funktionen erlaubt, robust gegenüber Strukturbrüchen wie Krisen, Kriegen oder Katastrophen ist und einen Modellrahmen liefert, der Restriktionen zulässt⁴, aber zeitgleich für verschiedene (demographische) Modellierungen nutzbar ist. So prognostizieren beispielsweise Erbas et al. (2007) das Risiko von Brustkrebserkrankungen australischer Frauen. Das Modell ist eine Verallgemeinerung des wegweisenden Lee-Carter-Modells (Lee und Carter, 1992) zur

⁴ Der Ansatz erlaubt qualitative Restriktionen, so kann beispielsweise die Annahme, dass die Wahrscheinlichkeit zu sterben ab einem gewissen Alter monoton ansteigt, integriert werden. Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Restriktionen finden sich in Abschnitt 4.2.

Schätzung und Prognose von Mortalitätsziffern, das sich in vielen Erweiterungen auch auf andere demographische Merkmale anwenden lässt, zum Beispiel auf Fertilitätsdaten (Lee, 1993). Die Grundidee des Lee-Carter-Modells findet sich auch in den FDA-Modellen wieder, allerdings unterscheidet sie sich in einigen Punkten, so setzten Lee und Carter unter anderem keine glatten Funktionen voraus (Hyndman und Ullah, 2007: 326).

Der Ansatz von Hyndman und Ullah (2007) schätzt die Subpopulationen des modellierten demographischen Merkmales (häufig untergliedert in männlich und weiblich) unabhängig voneinander. Die prognostizierte Entwicklung beider Ziffern kann in diesem Fall bei einem langen Zeithorizont divergieren. Dieser Effekt lässt sich inhaltlich aber in der Regel nicht oder nur schwer erklären oder begründen. Für die Mortalitätsziffern beobachtet Wilson (2001: 167) eine globale Konvergenz sowohl zwischen verschiedenen Ländern als auch zwischen den Geschlechtern.

Ansätze, die diesen Aspekt aufgreifen und explizit modellieren, werden in der Literatur als „coherent models“ (Li und Lee, 2005: 581) bezeichnet. Prognosen, die auf dieser Denkweise basieren, sollen eine gewisse strukturelle Beziehung aufweisen. Für Mortalitätsziffern wurde dies durch Erweiterungen des klassischen Lee-Carter-Ansatzes methodisch beispielsweise von Lee und Nault (1993), Lee (2000) sowie Li und Lee (2005) umgesetzt. Hyndman et al. (2011) nutzten das Paradigma funktionaler Daten und erweitern den Ansatz von Hyndman und Ullah (2007), so dass eine divergierende Entwicklung als Folge von ungenauen Schätzungen vermieden werden kann. Da im Rahmen der stochastischen Bevölkerungsprognose eine Differenzierung nur nach Geschlechtern erfolgt, beschränken sich die nachfolgenden Ausführungen auf den Fall für zwei Subpopulationen. Der Ansatz erweist sich darüber hinaus als sehr flexibel und kann auf eine größere Zahl an Subpopulationen erweitert werden.

Den sekundärstatistischen Werten $Y_{t,F}(x)$ einer demographischen Komponente liegt eine glatte Funktion $s_{t,F}(x)$ zugrunde, die mit einem Fehler beobachtet wird. Bei zwei Subpopulationen gilt für die Frauen (Subskript F):

$$Y_{t,F}(x) = \log(s_{t,F}(x_i)) + \sigma_{t,F}(x)\varepsilon_t(x_i), \quad (2.9)$$

wobei x_i den mittleren Wert der Altersgruppe i ($i=1,\dots,p$) bezeichnet, $\varepsilon_t(x_i)$ ist eine identisch, unabhängig und gleichverteilte Zufallsvariable und $\sigma_{t,F}$ ein Term, durch den der Messfehler im Alter variiert. Bis auf die logarithmische Formulierung entspricht dieser Ansatz dem erläuterten Ansatz von Hyndman und Ullah (2007). Die glatte Funktion wird sowohl für Männer als auch Frauen beobachtet.

Die Modellierung einer kohärenten Entwicklung erfordert die folgenden zwei Terme: das geometrische Mittel (P_t für Produkt-Modell) und die Quadratwurzel aus dem Verhältnis (R_t für Verhältnis-Modell) jeweils für die geglätteten Ziffern einer demographischen Komponente $s_{t,F/M}(x)$:

$$P_t(x) = \sqrt{s_{t,M}(x) \cdot s_{t,F}(x)} \quad (2.10)$$

$$R_t(x) = \sqrt{s_{t,M}(x)/s_{t,F}(x)}. \quad (2.11)$$

Das Produkt-Modell beschreibt den altersspezifischen Verlauf eines demographischen Merkmals, während das Verhältnis-Modell die geschlechtsspezifische Variation anpasst. Bei Werten nahe eins von R_t erfolgen kaum Korrekturen, während von eins abweichende Werte geschlechtsspezifische Abweichungen in einem bestimmten Altersbereich bedeuten. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass durch die logarithmische Formulierung aus dem Produkt in P_t eine Summe beziehungsweise aus dem Verhältnis in R_t eine Differenz wird. Tukey (1977) hat gezeigt, dass beide annähernd unkorreliert sind.

Auch das Produkt-Modell und das Verhältnis-Modell unterliegen Variationen durch das Amplitudenrauschen und der Phasenverschiebung. Um eine divergierende Entwicklung der demographischen Rate zu verhindern und gleichzeitig deren alters- und geschlechtsspezifische Veränderung abzubilden, werden P_t und R_t durch das Basisfunktionen-Modell für funktionale Daten von Hyndman und Ullah (2007) dargestellt:

$$\log[P_t(x)] = \mu_P(x) + \sum_{k=1}^K \beta_{t,k} \phi_k(x) + e_t(x) \quad (2.12)$$

$$\log[R_t(x)] = \mu_R(x) + \sum_{l=1}^L \gamma_{t,l} \psi_l(x) + w_t(x). \quad (2.13)$$

Die Basisfunktionen $\phi_k(x)$ und $\psi_l(x)$ beinhalten die vom Mittelwert (μ_p und μ_r) abweichenden Merkmale von P_t beziehungsweise R_t . Die Veränderung der Basisfunktionen über die Zeit bilden die Koeffizienten $\beta_{t,k}$ und $\gamma_{t,l}$ ab. Die Modellfehler messen die Residuen $e_t(x)$ und $w_t(x)$.

Um sicherzustellen, dass die Schätzer für die Prognose kohärent sind, also nicht divergieren, gilt für die zu verwendenden Zeitreihenmodelle, dass die Koeffizienten der Basisfunktionen $\{\beta_{t,k}\}$ und $\{\gamma_{t,l}\}$ stationäre Prozesse sind. Die prognostizierten Schätzer werden mit den Basisfunktionen multipliziert. Das Ergebnis sind Prognosen bis zum Zeitpunkt $n+h$ für zukünftige $P_t(x)$ und $R_t(x)$ aus denen sich die

zukünftigen geschlechtsspezifischen Werte für die zu modellierende demographische Komponente ergeben:

$$Y_{n,h,M}(x) = P_{n,h}(x) \cdot R_{n,h}(x) \quad (2.14)$$

$$Y_{n,h,F}(x) = P_{n,h}(x)/R_{n,h}(x) \quad (2.15)$$

Die Prognose von $\beta_{n,k,h}$ und $\gamma_{n,l,h}$ für den Zeitpunkt $n+h$ für die einzelnen Geschlechter (Subskript j kennzeichnet „männlich“ oder „weiblich“) ist bestimmt durch⁵:

$$\log[y_{n,h,j}(x)] = \hat{\mu}_j(x) + \sum_{k=1}^K \hat{\beta}_{n,k,h} \varphi_k(x) + \sum_{l=1}^L \hat{\gamma}_{n,l,h} \psi_{l,j}(x). \quad (2.16)$$

Die vorgestellten Modelle auf Basis des Paradigmas funktionaler Daten eignen sich für kurz- und mittelfristige Prognosen von ca. 20 Jahren (Hyndman und Booth, 2008: 339). Bei einem längeren Zeithorizont sinkt die Genauigkeit und die Breite der Konfidenzintervalle steigt. Die Prognosen der demographischen Merkmale basieren auf Informationen über die Entwicklung in der Vergangenheit, weswegen sie zukünftige Trendumkehrung nicht abbilden können. Beides trifft allerdings grundsätzlich auf die Verwendung von Zeitreihenmodellen zu und hat keinen Einfluss auf die Modellauswahl für die Prognose der Bevölkerung. Im direkten Vergleich zu alternativen Spezifikationen zeigen beide Ansätze eine größere Genauigkeit (vgl. Hyndman und Ullah, 2007: 4953 und Hyndman et al., 2011: 17). Die Modellierung der geschlechtsdifferenzierten demographischen Merkmale (Nettomigration und Mortalität) erfolgt durch den Ansatz von Hyndman et al. (2011), während für die Fertilitätsziffer das Modell von Hyndman und Ullah (2007) unterstellt wird. Beide Ansätze eignen sich insbesondere für regionale Bevölkerungsprognosen, denn durch die Verwendung von Basisfunktionen sind die Ergebnisse sehr robust gegenüber Ausreißern und Strukturbrüchen. Dies ist ein Vorteil, da auf regionaler Ebene beispielsweise durch Gebietsreformen lange Zeitreihen häufig nicht verfügbar sind. Außerdem können gesellschaftliche Entwicklungen wie die mögliche Trendumkehr von der Suburbanisierung hin zur Reurbanisierung auf entsprechend niedriger Aggregationsebene durch die Basisfunktionen abgebildet werden. Darüber hinaus bieten die Statistischen Landesämter viele Merkmale nur gegliedert nach Altersgruppen an. Durch die Ideen des Paradigmas funktionaler Daten können diese Informationen auf Altersjahre disaggregiert werden. Die Basisfunktionen ermöglichen darüber hinaus

⁵ Das genaue Vorgehen zur Prognose der einzelnen Koeffizienten findet sich bei Hyndman et al. (2011: 6-7).

auch die Modellierung von demographischen Trends und Strukturbrüchen, die sich in Form einer Phasenverschiebung oder eines Amplitudenrauschens in der Zeitreihe bemerkbar machen. Ob sie inhaltlich interpretiert werden können oder lediglich zur Korrektur statistischer Effekte dienen hängt von ihrem Erklärungsgehalt ab.

2.4 Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar

2.4.1 Algorithmus

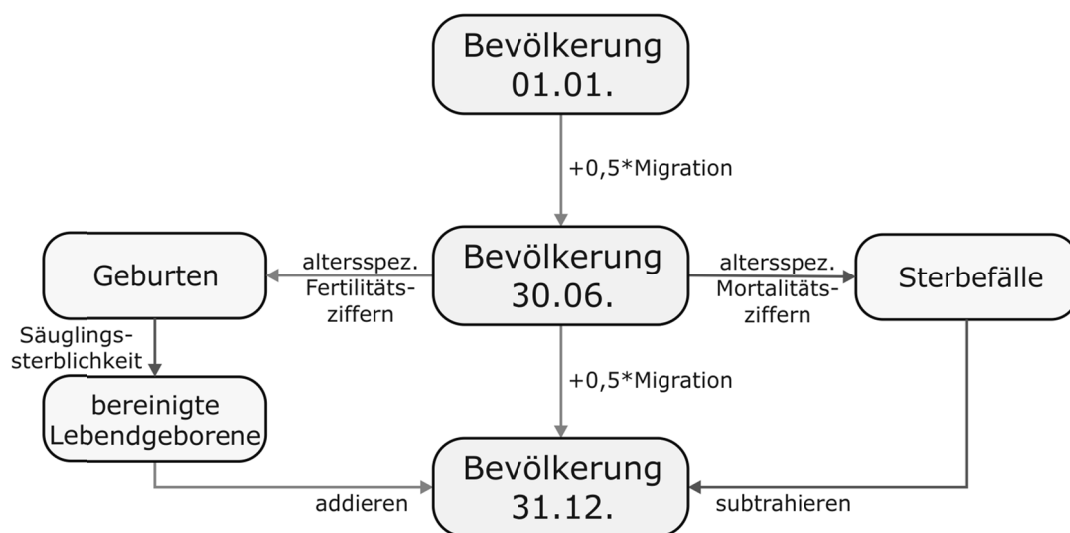
Fünf demographische Komponenten beeinflussen die Entwicklung der Bevölkerung: die Fertilitätsziffer, die geschlechtsspezifischen Mortalitätsziffern sowie die männliche und weibliche Nettomigration. Die Kohorten-Komponenten-Methode formalisiert diesen Zusammenhang zu einem Gleichungssystem, allerdings ohne dabei genau die Vorgänge innerhalb eines Jahres zu spezifizieren. Die vorliegende Bevölkerungsprognose basiert auf dem Algorithmus von Hyndman und Booth (2008: 340), der nachfolgend schematisch dargestellt ist (Abbildung 2-2). Ausgangspunkt ist die Bevölkerung zum 31.12. des Vorjahres. Die Wanderungsbewegungen ereignen sich nicht vollständig zu einem fixen Zeitpunkt, sondern über das Jahr verteilt. Während dieser Zeit können Zugewanderte theoretisch Kinder bekommen oder sterben. Der Algorithmus berücksichtigt diesen Aspekt, indem die Anzahl der simulierten altersspezifischen Wanderungsbilanz zur Hälfte auf den 1.1. und den 31.12. eines Jahres verteilt wird. Die Bevölkerung zum 30.6. eines Jahres entspricht der Bevölkerung zum 31.12. des Vorjahres zuzüglich der ersten Hälfte der Nettomigration. Die Sterbefälle berechnen sich aus der Bevölkerung zum 30.6. multipliziert mit den Mortalitätsziffern. Analog ergibt sich die Anzahl der Lebendgeborenen, korrigiert um die Säuglingssterblichkeit. Die Neugeborenen verteilen sich auf Basis des gleitenden Durchschnitts der letzten fünf Jahre auf die Geschlechter. Die weibliche Bevölkerung zum Zeitpunkt $t+1$ berechnet sich durch:

$$B_{t+1}^F = \Omega_t^F [B_t^F + 0,5 \cdot M_t] + 0,5 \cdot M_t. \quad (2.18)$$

Die Bevölkerung zum Jahresende (31.12) bestimmt sich aus der Summe der Bevölkerung zum 30.6. eines Jahres, den Sterbefällen, den bereinigten Lebendgeborenen und der zweiten Hälfte der Nettomigration. Diese Bevölkerung ist dann der Ausgangspunkt für die Berechnungen des Folgejahres, für das der Algorithmus von vorne durchläuft. Anders als deterministische Modelle, die pro Szenario

jeweils eine einzelne Bevölkerungsentwicklung vorausberechnen, erfordern stochastische Ansätze wegen der Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung aufwändigere Simulationen, da die prognostizierten Werte jeweils um einen Mittelwert streuen. Auf Basis der unterstellten Verteilungen für die einzelnen demographischen Ziffern wird eine vorgegebene Anzahl möglicher Entwicklungspfade der zukünftigen Bevölkerung simuliert und in einer Datenbank gespeichert. Das Konfidenzintervall, in dem die zukünftige Bevölkerung liegt, reicht dabei vom $(100-\alpha)/2$ -ten Perzentil bis zum $(100+\alpha)/2$ -ten Perzentil (Keilman et al., 2002: 416).

Abbildung 2-2: Algorithmus für die Kohorten-Komponenten-Methode



Quelle: Eigener Entwurf in Anlehnung an Hyndman und Booth (2008).

Die Grundlage für die Prognose der Bevölkerung bilden getrennte Simulationen der Modelle aus Abschnitt 2.3.2 für die Fertilitätsziffer, die männliche und weibliche Mortalitätsraten sowie die geschlechtsspezifische Nettomigration jeweils für die Jahre 2010 bis 2030. Die Fertilitäts- und Mortalitätsziffern werden auf die Bevölkerung zum 30.6. bezogen (vgl. Abbildung 2-2). Die Geburten und Sterbefälle folgen per Annahme der Poisson-Verteilung und berechnen sich durch zufälliges Ziehen aus der Verteilung und Aufsummierung dieser Werte über den relevanten Altersbereich. Hyndman und Booth (2008: 328) geben eine detaillierte Übersicht über die Generierung der jeweiligen Entwicklungspfade und deren Integration in die Bevölkerungsprognose.

Alle nachfolgenden Berechnungen wurden im Statistikprogramm „R“ (Version 2.12.0) durchgeführt. Diese freie Statistiksoftware ist auf allen gängigen Plattformen verfügbar und enthält im Zusatzpaket

„demography“ auch die beschriebenen Ansätze für funktionale Daten sowie den vorgestellten Algorithmus für die Kohorten-Komponenten-Methode. Die Prognosen erfordern das Paket „forecast“. Insgesamt wurden 1000 Verläufe der Bevölkerungsentwicklung simuliert und anschließend zur Berechnung der Prognoseintervalle aus „R“ in einer Excel-Datenbank exportiert.

2.4.2 Daten: Quellen und Aufbereitung

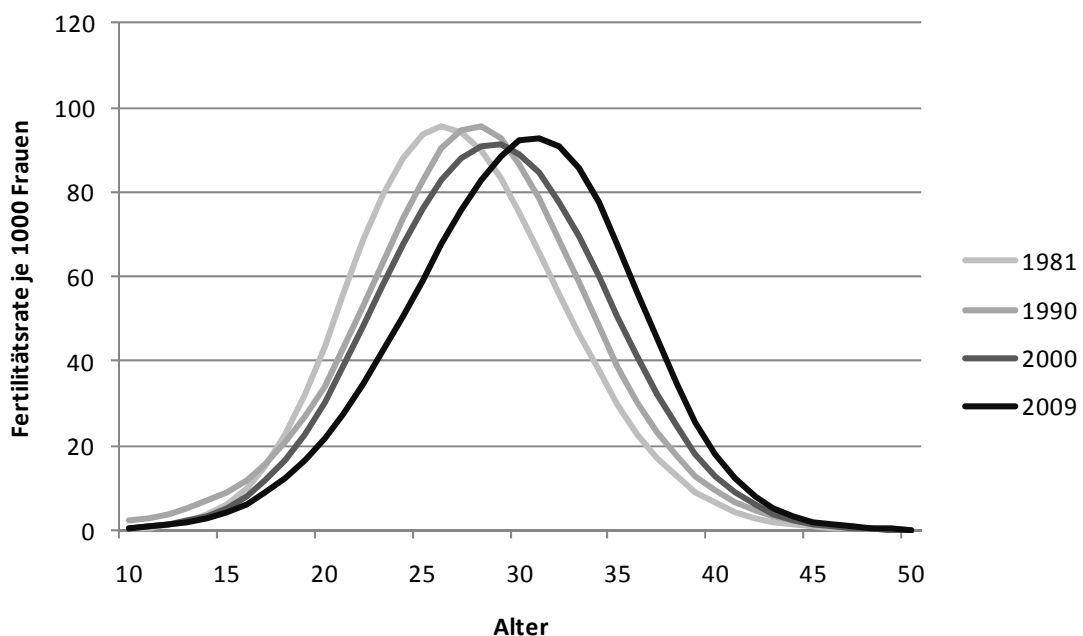
Die für die Bevölkerungsprognose verwendeten Daten stammen von den Statistischen Landesämtern Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz. Alle aggregierten Werte für die Metropolregion entstehen aus der Summe der Einzelwerte der 15 Landkreise beziehungsweise kreisfreien Städte. Die Berechnung der Fertilitätsziffer erfordert die Anzahl der Lebendgeborenen nach Altersgruppen der Mutter {10-14, 15-19, ..., 40-44, 45-49}. Da die Daten nicht zwischen Geschlechtern der Lebendgeborenen unterscheiden, kommen per Annahme auf 100 geborene Mädchen 105 geborene Jungen. Die Mortalitätsziffer berechnet sich aus der Anzahl der geschlechtsspezifischen Sterbefälle je Altersgruppe {<1, 1-4, 5-9, ..., 70-74, 75 und älter} zu der Anzahl der Männer oder Frauen in der entsprechenden Kohorte. Beide Merkmale liegen jeweils für die Jahre 1981 bis 2009 vor. Für die Berechnung der Raten werden diese Merkmale auf die Bevölkerungsdaten des entsprechenden Zeitraumes, gegliedert nach Altersgruppen {<3, 3-5, 6-9, 10-14, 15-17, 18-19, 20-24, 25-29, ..., 70-74, 75 und älter} und Geschlecht, bezogen. Als problematisch erwies sich die Berechnung der Mortalitätsziffern für Jungen und Mädchen unter 10 Jahren, da die Altersgruppen der Sterbefälle und Risikobevölkerung voneinander abweichen. Aus diesem Grund wurden die Bevölkerungsdaten einer Gruppe gleichmäßig auf die einzelnen Altersjahre verteilt und auf die Altersgruppen der Sterbefälle aggregiert. Die Daten zur Nettomigration für die Jahre 2002 bis 2009 sind nach Geschlecht differenziert und in die Altersgruppen {<18, 18-24, 25-29, 30-49, 50-64, 65 und älter} unterteilt. Eigene Auswertungen auf Basis der vorgestellten Residualmethode ergänzen diese Reihen um die Jahre 1995 bis 2001.

Diese Datensätze erfüllen allerdings nicht die Anforderungen an die vorgestellten Modelle. Eine Analyse funktionaler Daten erfordert glatte (Alters-)Funktionen, die den Sekundärdaten zugrunde liegen. Der Mitte jeder Altersgruppe wird der Funktionswert der einzelnen demographischen Ziffern zugeordnet und als Knoten genutzt zwischen denen die geglätteten demographischen Ziffern verlaufen. Die Mortalitätsziffern sollen ab einem Schwellenwert (beispielsweise Altersjahre größer 50) monoton steigen (Hyndman und Ullah 2007: 4945), denn je älter ein Mensch ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass man stirbt. Diese qualitative Restriktion kann mit gewichteten „penalized regression splines“ nach Wood (1994) in die Glättung der Daten integriert werden. Dieses Vorgehen redu-

ziert Verzerrungen der geschätzten Kurven in den oberen Alterskohorten. Aus demselben Grund werden die Datensätze der Fertilitätsziffern als konkav angenommen und mit gewichteten „B regression splines“ nach der Methode von He und Ng (1999) aufbereitet. Die Nettomigration ist kein Relativwert und kann sowohl positiv als auch negativ sein. Als Glättungsverfahren wird eine gewichtete „locally quadratic regression“ durchgeführt (Moore et al., 1997). Diese drei Glättungsverfahren sind im „demography“-Paket für „R“ enthalten.

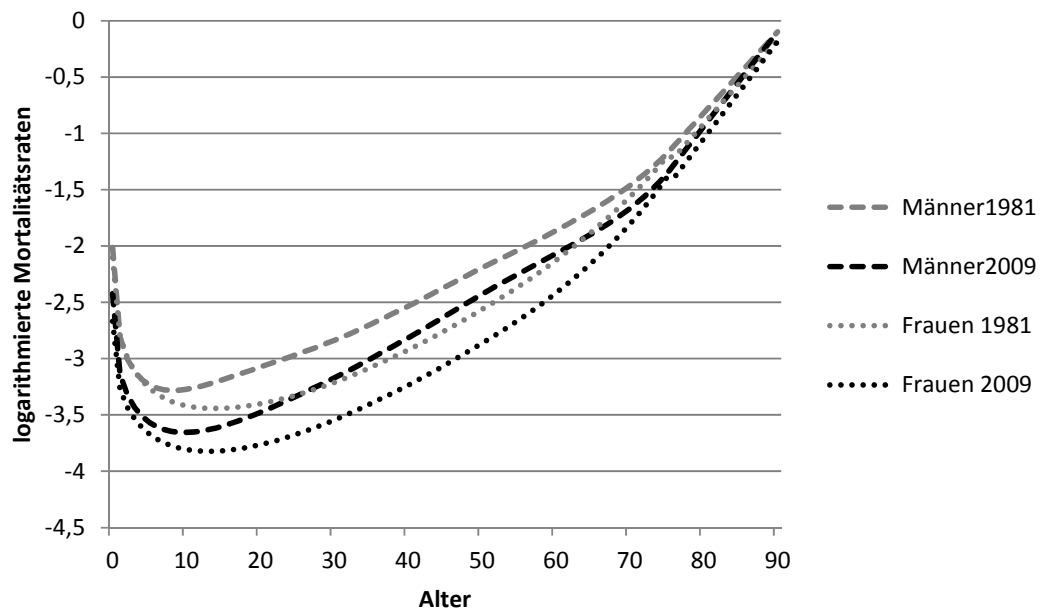
Abbildung 2-3 zeigt die zeitliche Entwicklung der altersspezifischen Fertilitätsziffer für den Zeitraum zwischen 1981 und 2009 anhand der Kurven für 1981, 1990, 2000 und 2009. Die Verlagerung des Maximums der altersspezifischen Raten spiegelt die Zunahme des mittleren Alters der Mütter bei der Geburt von 26,9 Jahre (1981) auf 29,6 Jahre (2009) wider. Diese Entwicklung zeigt den Vorteil einer auf dem Paradigma funktionaler Daten basierender Modellierung auf, denn die empirischen Kurven für einen bestimmten demographischen Parameter weichen über den Horizont von N Zeitpunkten vom Mittelwert dieses Parameters ab. Die Entwicklung entspricht einer Phasenverschiebung, die bei der Modellierung der Zeitreihe durch die Basisfunktionen des FDA-Modells berücksichtigt wird.

Abbildung 2-3: Geglättete alterspezifische Fertilitätsziffer je 1000 Frauen von 1981, 1990, 2000 und 2009



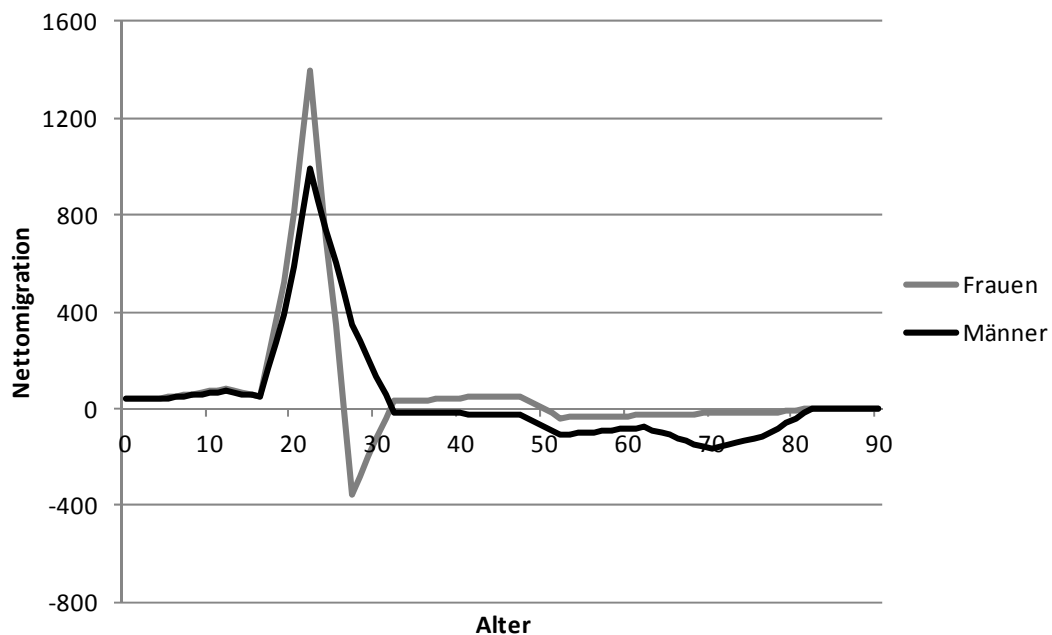
Quelle: Eigene Berechnung der funktionalen Daten unter Verwendung von „B regression splines“ nach der Methode von He und Ng (1999) und auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Abbildung 2-4: Geglättete und logarithmierte Mortalitätsziffern für Männer und Frauen von 1981 und 2009



Quelle: Eigene Berechnung der funktionalen Daten unter Verwendung von gewichteten „penalized regression splines“ nach Wood (1994) und auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

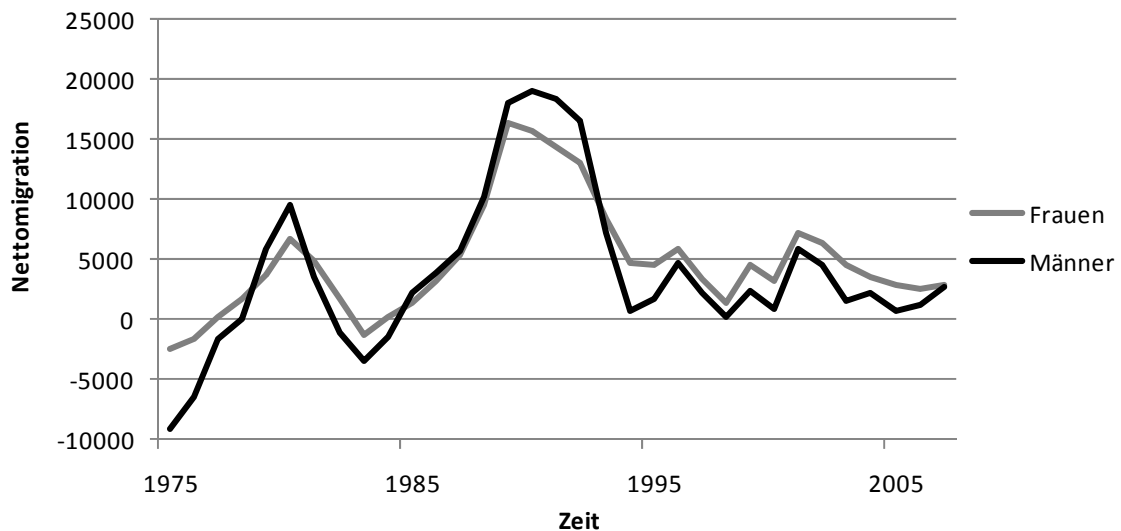
Abbildung 2-5: Geschlechtsdifferenzierte Nettomigration nach Altersjahren von 2009



Quelle: Eigene Berechnung der funktionalen Daten unter Verwendung von gewichteten „locally quadratic regression“ nach Moore et al. (1997) und auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Der in vielen entwickelten Ländern und Regionen beobachtete Trend einer stetig ansteigenden Lebenserwartung findet sich auch in den Mortalitätsziffern der Männer und Frauen in der Metropolregion Rhein-Neckar (Abbildung 2-4). Dabei haben Frauen über alle Altersjahre eine höhere Lebenserwartung bzw. geringere Mortalitätsziffern als Männer. Zwischen 1981 und 2009 sinken für beide Geschlechter die Ziffern gleichermaßen. Der wesentliche Unterschied findet sich in den männlichen Mortalitätsziffern zwischen 35 und 65 Jahren, die annähernd linear verlaufen, während die Kurven der Frauen eher einen konkaven Verlauf aufweisen. Die Mortalitätsziffern zwischen den Geschlechtern differieren in diesem Intervall am stärksten. In den höheren Altersklassen nähern sich die geschlechtsspezifischen Kurven gegenseitig an. Für alle Menschen über 75 Jahre konnten die (logarithmierten) Ziffern aufgrund der Datenlage nicht geglättet werden und mussten deshalb linear interpoliert werden. Die Zielwerte für die Altersgruppe „90+ Jahre“ der einzelnen Jahre stammen aus den Sterbetafeln des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt, 2010: 59). Die Bevölkerung im Alter ab 90 Jahren fallen in die oberste Altersklasse „90 und älter“.

Abbildung 2-6: Entwicklung der Nettomigration (1975-2009)



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Die Nettomigration unterliegt vielfältigen Einflüssen, die sowohl in der jeweiligen Herkunfts- als auch in der Zielregion wirksam sind und wodurch deutlich stärkere zeitliche Schwankungen als bei den

Fertilitäts- und Mortalitätsraten entstehen (Abbildung 2-6). Nachdem die Zu- und Fortzüge im Zusammenhang mit der deutschen Wiedervereinigung Anfang der 1990er Jahre abebbten, stabilisierten sich die Reihen merklich, und seit etwa Mitte der 1990er Jahre sind die Wanderungsüberschüsse in der Metropolregion von Frauen höher als die der Männer (Abbildung 2-6). Die Daten zeigen, dass insbesondere junge Männer und Frauen im Alter zwischen 18 und 25 Jahre in die Metropolregion wandern (Abbildung 2-5), was die Bedeutung als Ausbildungs- und Hochschulstandort verdeutlicht. Leichte Wanderungsverluste gibt es lediglich in den oberen Altersgruppen.

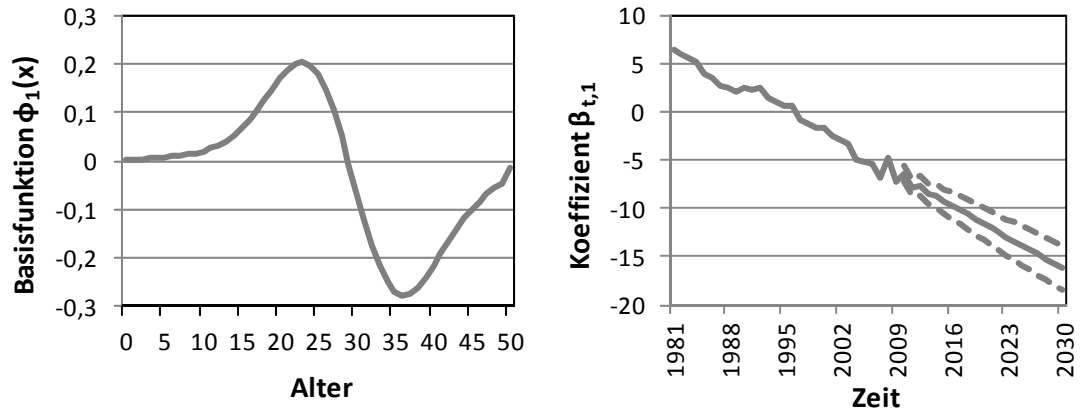
2.4.3 Die demographischen Komponenten: Modellierung und Prognose

Die geglätteten Daten der Fertilitätsziffer bestehen aus 29 Kurven für die Jahre 1981 bis 2009. Für diesen Zeitraum wurde ein Modell mit $K=6$ Basisfunktionen geschätzt. Hyndman und Booth (2008: 327) haben gezeigt, dass die Ergebnisse der Methode unabhängig von der Anzahl der Basisfunktionen sind und $K=6$ hinreichend groß ist. Die Basisfunktionen erfassen 82,7 %, 11,3 %, 3,3 %, 1,9 %, 0,6 % und 0,1 % oder 99,9 % der vom Mittelwert abweichenden Variation. Der Koeffizient der ersten Basisfunktion (Abbildung 2-7) zeigt einen Rückgang der Fertilitätsziffer ($\beta_{t,1}$ fällt über den Beobachtungszeitraum), der bei Frauen zwischen 20 und 25 Jahren am stärksten wirkt (höchste positive Funktionswerte der Basisfunktion ϕ_1). Die negativen Werte der Basisfunktion für das Alter zwischen 35 und 40 Jahren zeigen, dass Geburten in diesem Bereich zunehmen: Die erste Basisfunktion beschreibt somit den gesellschaftlichen Trend Geburten auf einen späteren Zeitpunkt zu verlagern. Die übrigen Basisfunktionen erfassen insgesamt einen zu geringen Anteil der Varianz der geglätteten Funktion zur Darstellung der altersspezifischen Fertilitätsziffern für den Zeitraum von 1981 bis 2009 und eignen sich daher nicht für eine inhaltliche Interpretation⁶. Sie wirken systematischen statistischen Verzerrungen, die auf Amplitudenrauschen und Phasenverschiebungen zurückgehen, entgegen.

Die Prognose der Fertilitätsziffer erfolgt für die Jahre 2010 bis 2030 (Abbildung 2-8). Die Maxima der altersspezifischen Fertilitätsziffern steigen über den gesamten Zeitraum an und die einzelnen Kurven verschieben sich im Lauf der Zeit in höhere Altersgruppen. Das mittlere Alter der Mütter erhöht sich von 29,85 (2009) auf 31,36 Jahre (2030) und liegt im 80 %-Prognoseintervall [31,06;31,65]. Die zusammengefasste Geburtenziffer (TFR) nimmt über den Prognosehorizont stetig zu. Abbildung 2-9 enthält neben den Punktschätzern auch die 80 %-Prognoseintervalle. Die mittlere TFR gleicht sich somit den Erwartungen über die Entwicklung der bundesweiten TFR mit 1,4 Geburten pro Frau an (Statistisches Bundesamt, 2009: 27).

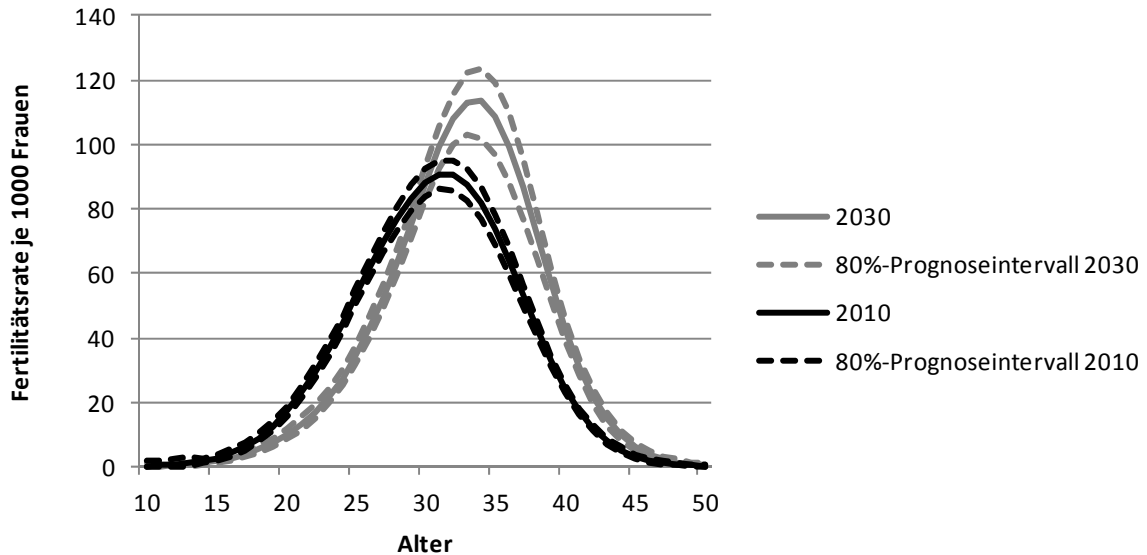
⁶ Alle Basisfunktionen der einzelnen Modelle sind im Anhang zu Kapitel 2 abgebildet.

Abbildung 2-7: Die erste Basisfunktion des Fertilitäts-Modells inklusive der Prognose des Koeffizienten $\beta_{t,1}$ von 2010 bis 2030 und dem 80%-Prognoseintervall (gepunktete Linien)



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Abbildung 2-8: Prognose der Fertilitätsziffer je 1000 Frauen für 2010 (schwarz) und 2030 (grau) mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)

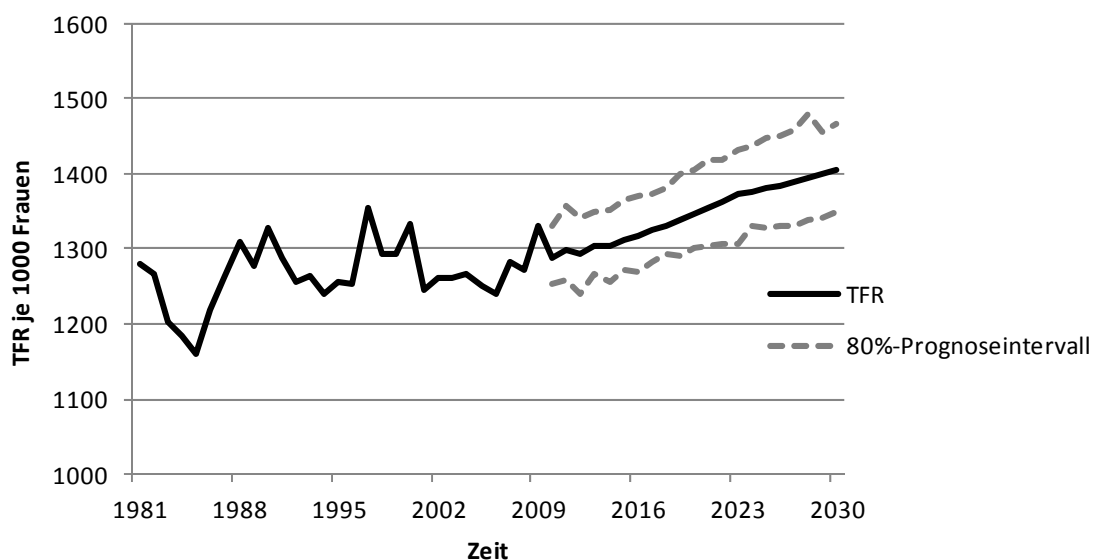


Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Heckman und Walker (1990) führen eine hohe Korrelation zwischen dem Gebärverhalten und dem Einkommen der Frauen als Grund für die Verlagerung von Geburten in spätere Lebensabschnitte an. Diese ökonomische Interpretation greift allerdings zu kurz. Ott et al. (2006) skizzieren ein Drei-

Phasen-Modell, das Kinder erst nach dem Erreichen bestimmter beruflicher Ziele in der Lebensplanung berücksichtigt. Gustaffson (2001) begründet die Verlagerung durch Nachteile der Mutterschaft auf die Karriere potentieller Mütter. Börsch-Supan und Wilke (2009) gehen davon aus, dass durch den sich abzeichnenden Rückgang der Menschen im erwerbsfähigen Alter die Erwerbsbeteiligung von Frauen ansteigen wird und sich dem Erwerbsverhalten von Männern angleicht. Da der Verschiebung der Geburten allerdings biologische Grenzen gesetzt sind, müssen die Geburten in späteren Altersjahren verstärkt nachgeholt werden. Diese Effekte finden sich in der Prognose: Die Geburten werden zeitlich verlagert, das durchschnittliche Alter der Mütter bei der Geburt erhöht sich und die Geburtenziffern der höheren Altersklassen nehmen deutlich zu. In Zukunft tragen Frauen in den hohen Altersklassen am stärksten zur modellierten TFR bei (Abbildung 2-9).

Abbildung 2-9: Entwicklung der TFR je 1000 Frauen von 1981–2030 mit dem 80%-Prognoseintervall



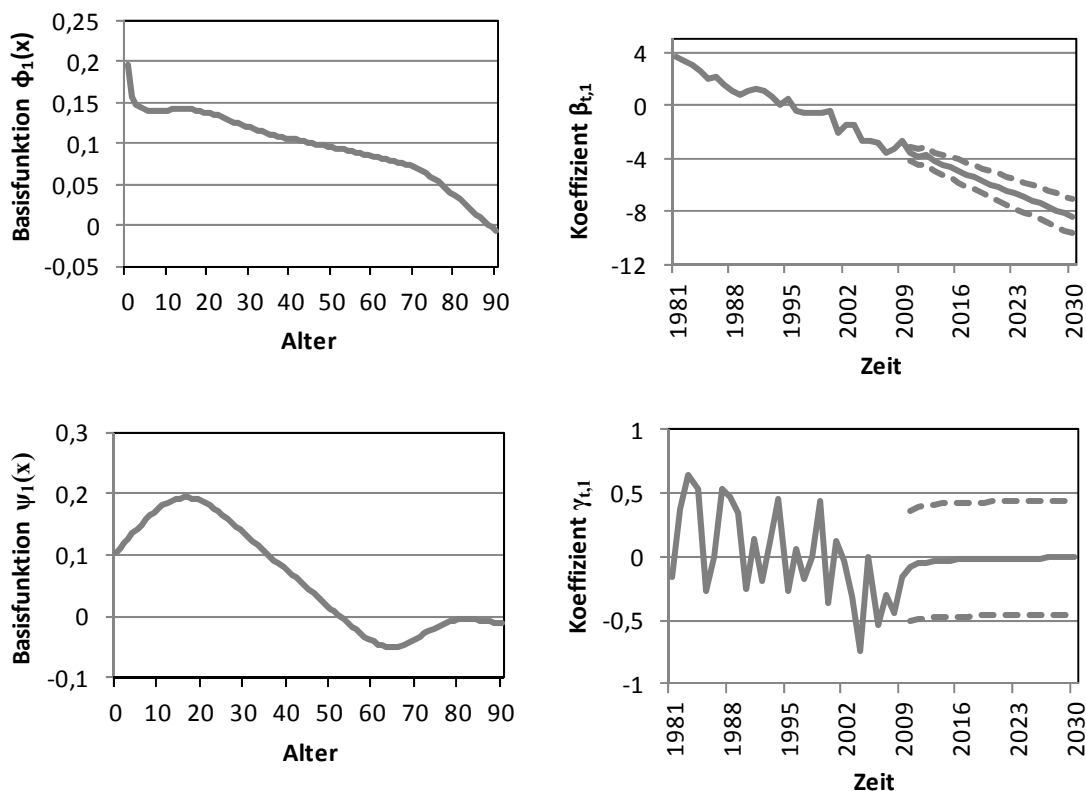
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Um zu verhindern, dass die Mortalitätsziffern bei der Prognose divergieren, basiert die Modellierung auf dem kohärenten Modell funktionaler Daten, das sowohl für die Modelle des Produkts als auch für das Verhältnis sechs Basisfunktionen enthält. Die Basisfunktionen des geometrischen Mittels beider Geschlechter erfassen 96,6 %, 1,5 %, 1,0 %, 0,5 %, 0,2 % und 0,1 % der Variation der den Mortalitätsziffern zugrunde gelegten glatten Funktionen. Der Koeffizient $\beta_{t,1}$ der dominierenden ersten Basisfunktion (Abbildung 2-10) zeigt einen Rückgang der Mortalitätsziffern, der sich am stärksten in der Säuglingssterblichkeit (< 1 Jahr) niederschlägt und sich im Alter abschwächt. Die Basisfunktionen des

Verhältnis-Modells erfassen 60,2 %, 17,6 %, 10,2 %, 6,8 %, 3,0 % und 1,8 % der Variation. Die erste Basisfunktion zeigt, dass die größten Abweichungen in den Mortalitätsziffern zwischen Männern und Frauen bei etwa 20 Jahren liegen. Diese Variation unterliegt allerdings über die Zeit starken Fluktuationen.

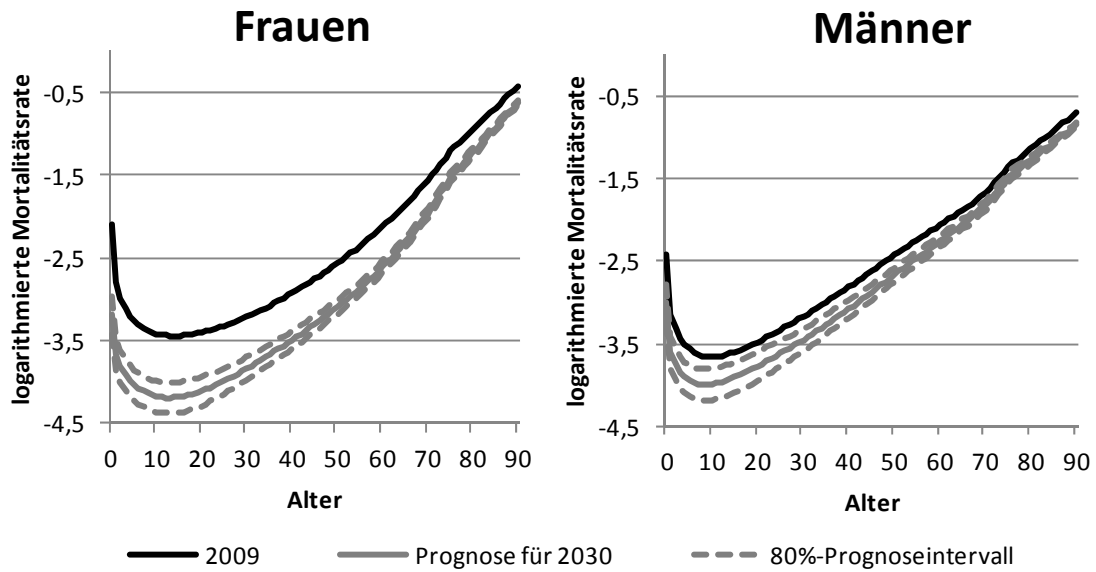
Die Prognose der Mortalität verweist auf den Trend anhaltend sinkender Ziffern, der sich allerdings im Zeitverlauf etwas verlangsamt (Abbildung 2-11). Die Lebenserwartung (Abbildung 2-12) von Frauen steigt bis 2030 auf 80,55 Jahren und liegt im 80 %-Prognoseintervall [80.26;80.82], die der Männer auf 78,75 Jahre mit dem 80%-Prognoseintervall [78,47;79,06]. Carnes und Olshansky (2007: 377) nennen die Fettleibigkeit bei Kindern und Jugendlichen sowie neue Infektionskrankheiten als mögliche Quellen, die diesen Trend abschwächen oder gar umkehren können. Diese möglichen zukünftigen Einflüsse können jedoch in einer auf Zeitreihenmodellen basierenden Prognose nicht erfasst werden.

Abbildung 2-10: Die ersten Basisfunktionen des Mortalitäts-Modells inklusive der Prognose der Koeffizienten $\beta_{t,1}$ und $\gamma_{t,1}$ von 2010 bis 2030 und dem 80%-Prognoseintervall (gepunktete Linien)



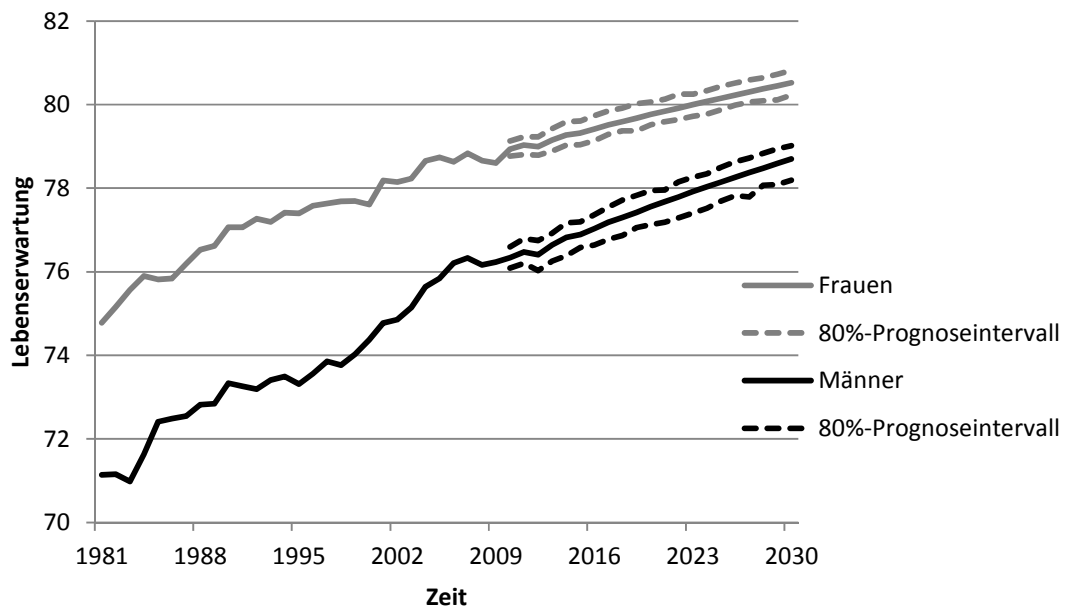
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Abbildung 2-11: Alters- und Geschlechtsspezifische Mortalitätsziffern von 2009 (schwarz) und die Prognose für 2030 (grau) mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)



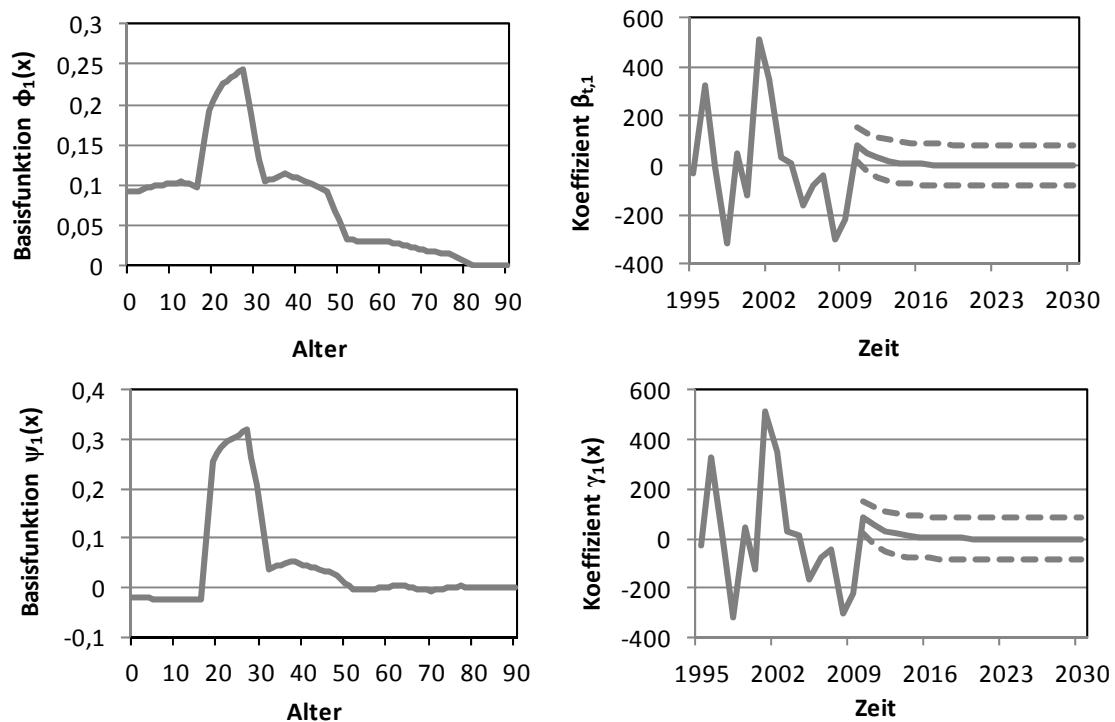
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Abbildung 2-12: Entwicklung der Lebenserwartung von Männern (schwarz) und Frauen (grau) von 1981-2030 und den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Abbildung 2-13: Die ersten Basisfunktionen des Migrations-Modells inklusive der Prognose der Koeffizienten $\beta_{t,1}$ und $\gamma_{t,1}$ bis 2030 und dem 80%-Prognoseintervall (gepunktete Linien)

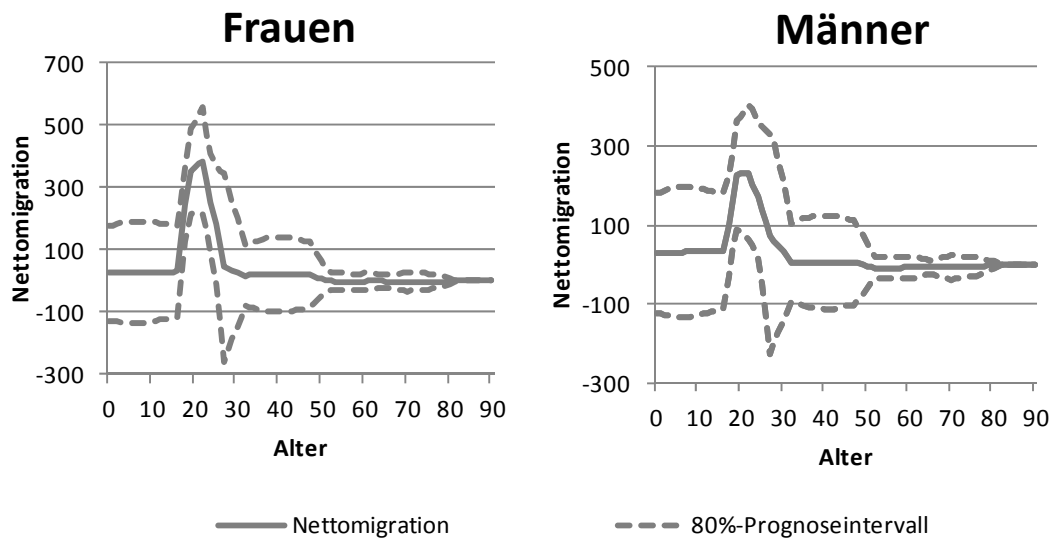


Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Die aggregierte Nettomigration (Abbildung 2-6) zeigt, dass die Werte für die beiden Geschlechter vergleichbar verlaufen, was eine Modellierung durch das kohärente Modell rechtfertigt. Die Zeitreihe vor 1995 unterliegt einer großen Dynamik, die sich negativ auf die Modellierung und die anschließende Prognose auswirkte. Aus diesem Grund gehen nur die Werte zwischen 1995 und 2009 in die Modellierung ein. Die hohe männliche und weibliche Nettomigration zwischen 18 und 25 Jahren stellt den dominierenden Effekt im Modell dar. Die erste der sechs Basisfunktionen des Produkt-Modells bildet die Veränderung im Zeitverlauf ab (Abbildung 2-13) und erfasst 81,6 % der Variation vom Mittelwert, die Restlichen dagegen nur 10,5 %, 5,2 %, 1,4 %, 0,7 % und 0,4 %. Die erste Basisfunktion des Verhältnis-Modells verdeutlicht die geschlechtsspezifischen Unterschiede der Ausbildungsmigranten (Varianzanteil 53,9 %). Der Koeffizient zeigt, dass die männliche Nettomigration zwischen 2000 und 2003 höher war, sich der Trend aber in den Folgejahren abschwächt und sogar umkehrt. Diese Entwicklung setzt sich in der Prognose fort, denn 2030 (Abbildung 2-14) sind im Gegensatz zu 2009 (Abbildung 2-6) die Werte der Frauen im Altersbereich zwischen 18 und 25 Jahren deutlich höher als die der Männer (Abbildung 2-14). Im Modell bleibt die Metropolregion Rhein-Neckar ein attraktiver Ausbildungs- oder Studienstandort für junge Menschen. Jedoch stellen die

Prognosen der Nettomigration durch die weiten Prognoseintervalle für Menschen unter 50 Jahre die größte Quelle für Unsicherheit über die zukünftige Bevölkerungsentwicklung dar.

Abbildung 2-14: Prognose der Altersverteilung der Nettomigration von Männern und Frauen für 2030 mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)



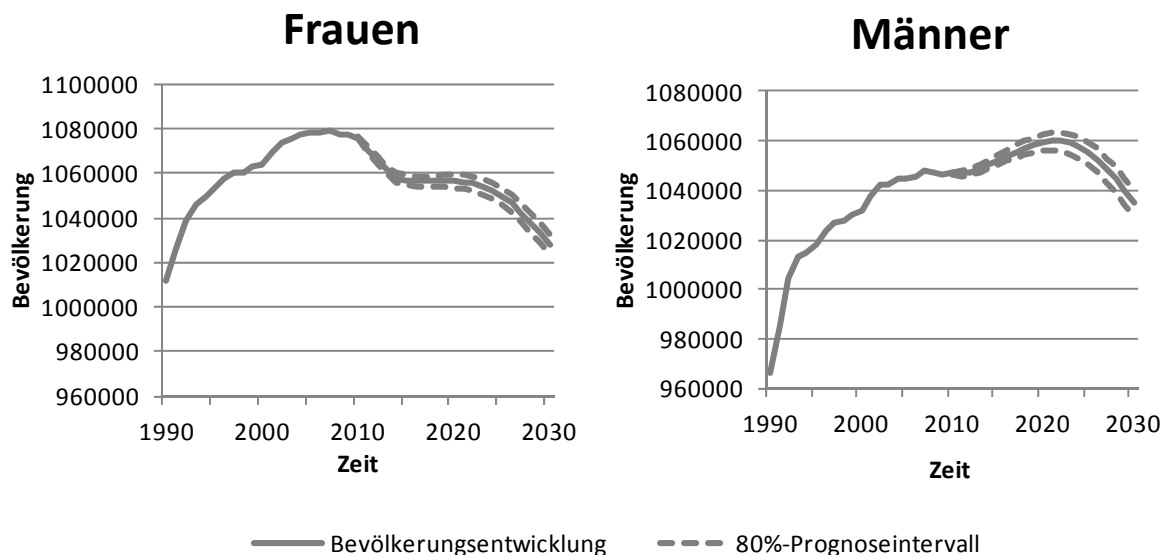
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

2.4.4 Die Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar

Seit den 1990er Jahren steigt die männliche und weibliche Bevölkerung der Metropolregion Rhein-Neckar aufgrund von Wanderungsgewinnen durch die politischen Entwicklungen in Deutschland (Wiedervereinigung) und Europa (Zuwanderung von Spätaussiedlern) stetig an (Gans und Schmitz-Veltin, 2006: 316). Die Bevölkerungsentwicklung für die Jahre 2010 bis 2030 berechnet sich aus der Anwendung des in Abschnitt 4.1 beschriebenen Algorithmus auf Basis der Kohorten-Komponenten-Methode und den aus den demographischen Komponenten ermittelten Geburten, Sterbefällen und Migranten. Die männliche Bevölkerung steigt bis 2022 leicht an (Abbildung 2-15) und sinkt aber gemessen am Median der Simulation bis 2030 auf 1,0349 Millionen Einwohner, was einem Rückgang von 2,31 Prozent für den Prognosehorizont entspricht, und liegt im 80 %-Prognoseintervall [1,0292;1,0403]. Die Anzahl der Frauen fällt bis 2030 um 4,45 Prozent auf 1,0280 Millionen Einwohner (80 %-Prognoseintervall [1,0234;1,0327]). Die weibliche Bevölkerung nimmt demnach etwas stärker ab als die männliche. Die Bevölkerungspyramide in Abbildung 2-16 zeigt den

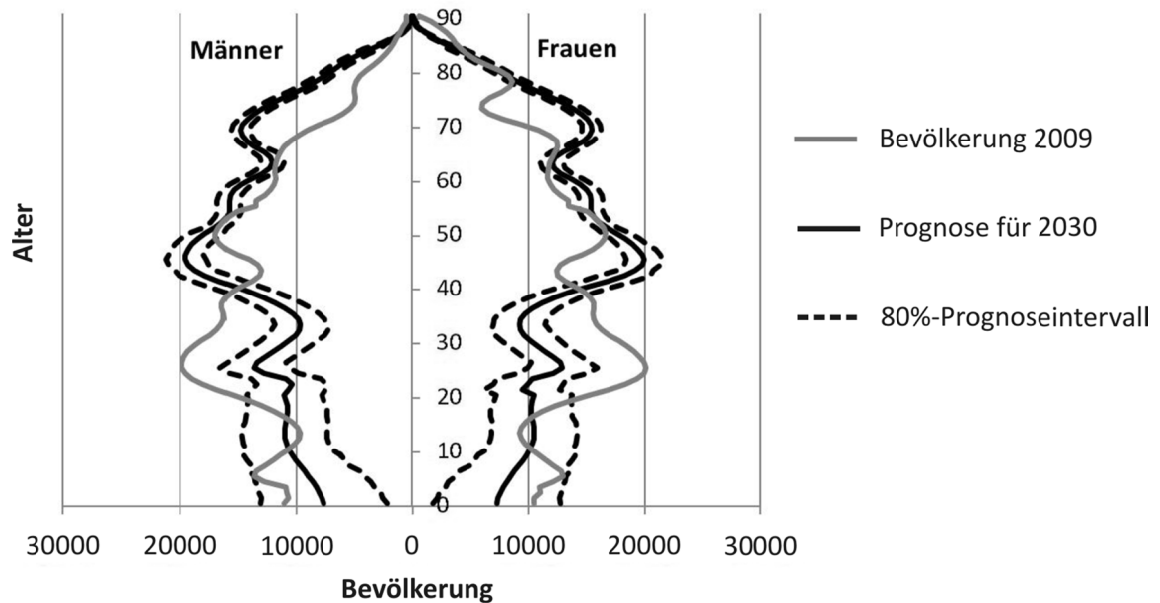
erwarteten Altersaufbau für die Jahre 2009 als letztes Jahr der Zeitreihendaten und die Prognose für 2030 mit den 80%-Prognoseintervallen. Den größten Anteil an der Gesamtbevölkerung stellen 2009 die Altersgruppen zwischen 20 und 30 Jahren. Die Fertilitätsziffern liegen deutlich unterhalb des Niveaus zur Bestandserhaltung der Bevölkerung und auch die positive Nettomigration reicht nicht aus um die Sterbeüberschüsse auszugleichen. Damit zeichnet sich ein deutlicher Rückgang der Menschen unter 30 Jahren ab. Die Zahl der Menschen im erwerbsfähigen Alter unter 30 Jahren verringert sich massiv, während die Gruppe der 30 bis unter 65 Jährigen etwa das Niveau von 2009 hält. Dieser Effekt entsteht im Wesentlichen durch die Verlagerung der zahlenmäßig größten Jahrgänge aus 2009 auf die älteren Altersgruppen in 2030. Das Prognoseintervall ist im Altersbereich unter 20 Jahre am größten, da die Anzahl dieser Menschen aus der Prognose der Fertilität hervorgeht, während die Menschen im Jahr 2030 im Altersbereich über 20 Jahre zum ersten Prognosejahr (2010) bereits geboren waren und somit keine Quelle zusätzlicher Unsicherheit darstellen. Die Weite der Konfidenzintervalle bestimmt sich darüber hinaus durch die Variation der Nettomigration, die sich ab 50 Jahren deutlich stabilisiert (vgl. Abbildung 2-14), wodurch die Bevölkerung ab 50 Jahren mit einer hohen Genauigkeit vorhergesagt werden kann.

Abbildung 2-15: Entwicklung der männlichen und weiblichen Bevölkerung zwischen 2010 und 2030 mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Abbildung 2-16: Männliche und weibliche Bevölkerung nach Altersjahren 2009 (grau) und das 0,5-Quantil der Simulation für 2030 (schwarz) mit den 80%-Prognoseintervallen (gepunktete Linien)



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

2.5 Schlussfolgerungen

Die demographische Zukunft einer Region ist unsicher. Die von den offiziellen Statistikstellen häufig für Vorausberechnungen verwendeten deterministischen Modelle weisen einen „wenn... dann...“-Charakter auf, die demographischen Determinanten entwickeln sich über vorgegebene Annahmen in verschiedenen Szenarien. Diese sollen die Bandbreite der möglichen Entwicklungen abbilden, allerdings ohne Aussagen über deren Eintrittswahrscheinlichkeiten zu treffen. Als problemorientierter erweist sich der stochastische Ansatz, der durch Zeitreihenmodelle neben der zukünftigen Bevölkerung auch ein Prognoseintervall für die demographischen Parameter berechnet. Diese Herangehensweise erfordert jedoch lange Zeitreihen und nach Altersjahren gegliederte Daten über alle Komponenten der demographischen Grundgleichung. Derartige Daten sind auf regionaler Ebene allerdings häufig gar nicht, nur zu groben Altersgruppen oder in unzureichender Struktur verfügbar. Darüber hinaus fassen die verschiedenen statistischen Landesämter die Merkmale zu unterschiedlichen Altersgruppen zusammen, eine Aggregation auf eine bundeslandübergreifende Gesamtregion wie die Metropolregion Rhein-Neckar, die aus Stadt- und Landkreisen aus Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz besteht, ist auf einer solchen Basis faktisch unmöglich. Für diese Probleme erweist sich das Paradigma funktionaler Daten als äußerst hilfreich, denn per

Annahme folgen altersgruppierte Sekundärdaten einem funktionalen Zusammenhang, der mit den vorgestellten FDA-Modellen geschätzt werden kann. Auf diese Weise entstehen Datensätze, die nach Altersjahren gegliedert sind und daher zu grenzübergreifenden Funktionalregionen aggregiert werden können. So ermöglicht das Paradigma funktionaler Daten und die darauf aufbauenden Modellierungen insbesondere auf regionaler Ebene sekundärstatistische Datenlücken zu schließen und verlässlichere Aussagen über die demographische Entwicklung zu treffen als mit Hilfe deterministischer Ansätze. Ohne die Ansätze aus Kapitel 3 sind stochastische Modellierungen auf regionaler Ebene nicht durchführbar. Durch die Prognoseintervalle auf Basis der Zeitreihenmodelle entsteht darüber hinaus eine wertvolle Zusatzinformation für regionale Planer gegenüber deterministischen Vorausberechnungen. Denn gerade auf regionaler Ebene besteht ein großer Bedarf an Informationen über die Bevölkerungsentwicklung als Grundlage zur Abschätzung der Konsequenzen des demographischen Wandels, beispielsweise auf das Arbeitskräfteangebot und insbesondere auf die Anzahl der Erwerbspersonen. Darüber hinaus dienen regionale Bevölkerungsprognosen als Grundlage zur Abschätzung des zukünftigen Wohnflächenbedarfs.

Die Anwendung der Modelle für funktionale Daten auf die Metropolregion Rhein-Neckar verdeutlicht die Konsequenzen des demographischen Wandels für den siebtgrößten deutschen Wirtschaftsraum und stellt eine Möglichkeit zur Realisierung für stochastische Bevölkerungsprognosen auf regionaler Ebene dar. Die Bevölkerung nimmt bis 2030 zwar nur geringfügig ab, allerdings steht einem erheblichen Rückgang der jungen Menschen im erwerbsfähigen Alter unter 30 Jahren ein beträchtlicher Anstieg der Menschen in den oberen Altersgruppen und insbesondere im Rentenalter gegenüber. Diese Knappheit kann durch Zuwanderung abgeschwächt werden. Grundvoraussetzung hierfür ist, die Stärken der eigenen Region zu erkennen und Anreize für junge Menschen zu schaffen in die Region zu ziehen und dort nach dem Studium oder der Ausbildung auch zu bleiben. Die Auswirkungen des demographischen Wandels werden sich insbesondere auf dem Arbeitsmarkt bemerkbar machen. Regionen stehen im Wettbewerb um junge und gut ausgebildete Erwerbstätige. Aus diesem „Kampf um kluge Köpfe“ leitet sich zukünftiger Forschungsbedarf ab: Stochastische Bevölkerungsprognosen können als Grundlage für die Abschätzung der Entwicklung des Arbeitsangebotes genutzt werden. Jedoch basieren viele existierende Vorausberechnungen auf deterministischen Modellen, da unter anderem arbeitsmarktrelevante Größen, wie die Arbeitslosenquote, politischen Einflüssen unterliegen und somit nur schwer von Zeitreihenmodellen erklärt werden können. Hier gilt es Methoden zu entwickeln, die diese Einflüsse berücksichtigen können (beispielsweise bei der Generierung der Annahmen) und die Vorteile beider Ansätze in Einklang bringen. Das Paradigma funktionaler Daten kann hierzu einen wertvollen Beitrag leisten.

2.6 Literaturangaben zu Kapitel 2

Alho, J.; Spencer, B. (2005): Statistical demography and forecasting. New York.

Bähr, J.; Jentsch, C.; Kuls, W. (1992): Bevölkerungsgeographie. Berlin.

Birg, H. (2005): Grundkurs Demographie – Dritte Lektion: Was taugen Prognosen? In: Frankfurter Allgemeine Zeitung 46, 24.02.2005: 41.

Booth, H. (2006): Demographic forecasting: 1980 to 2005 in review. In: International Journal of Forecasting, 22,3: 547–581.

Börsch-Supan, A. (2007): Gesamtwirtschaftliche Folgen des demographischen Wandels. In: Geographische Rundschau, 2: 48-52.

Börsch-Supan, A.; Wilke, C. B. (2009): Zur mittel- und langfristigen Entwicklung der Erwerbstätigkeit in Deutschland. In: Zeitschrift für Arbeitsmarktforschung (ZAF), 42,1: 29-48 [doi: 10.1007/s12651-009-0006-x].

Brillinger, D. (1986): The Natural variability of vital rates and associated statistics. In: Biometrics 42: 693-734.

Bundesamt für Bauwesen, Raumordnung und Städtebau (1995): Raumordnungspolitischer Handlungsrahmen. Bonn.

Büttner, T.; Ebertz A. (2009): Quality of Life in the Regions - Results for German Counties. In: Annals of Regional Science 43,1: 89-112 [doi: 10.1007/s00168-007-0204-9].

Carnes, B.; Olshansky, J. (2007): A Realistic View of Aging, Mortality and Future Longevity. In: Population and Development Review 33,2: 367-381.

Chambers, E. et al. (1998): The War for Talent. In: McKinsey Quarterly 3. URL: http://www.executivesondemand.net/management sourcing/images/stories/artigos_pdf/gestao/The_war_for_talent.pdf, zuletzt abgerufen am 9.6.2011.

De Jong, G. (2000): Expectations, gender, and norms in migration decision-making. In: Population Studies 54: 307–319.

Erbas, B.; Hyndman, R.; Gertig, D. (2007): Forecasting age-specific breast cancer mortality using functional data models. In: Statistics in Medicine 26,2: 458–470 [doi: 10.1002/sim.2306].

Fuchs, J.; Dörfler, K. (2005a): Projektion des Erwerbspotenzials bis 2050 – Annahmen und Datengrundlage. In: IAB Forschungsbericht 20/2005. Nürnberg.

Fuchs, J.; Dörfler, K. (2005b): Projektion des Arbeitsangebots bis 2050 – Demographische Effekte sind nicht mehr zu bremsen. In: IAB Kurzbericht 11/2005. Nürnberg.

Gans, P.; Schmitz-Veltin, A. (2006): Die Auswirkungen des demographischen Wandels auf den Agglomerationsraum Rhein-Neckar – Ausgewählte regionale Entwicklungsbereiche vor dem Hintergrund sich ändernder Bevölkerungs- und Wirtschaftsstrukturen In: Gans, P.; Schmitz-Veltin, A. (Hg.): Demo-

graphische Trends in Deutschland. Folgen für Städte und Regionen. Räumliche Konsequenzen des demographischen Wandels, Teil 6. Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 226, Hannover: 311-335.

Gans, P.; Schmitz-Veltin, A.; West, C. (2009): Bevölkerungsgeographie. Braunschweig.

Gustafsson, S. (2001): Optimal age at motherhood. Theoretical and empirical considerations on postponement of maternity in Europe. In: Population Economics 14: 225-247.

He, X.; Ng, P. (1999): COBS: qualitatively constrained smoothing via linear programming. In: Computational Statistics 14: 315–337.

Heckman, J.; Walker, J. (1990): The Relationship between Wages and Income and the Timing and Spacing of Births: Evidence from Swedish Longitudinal Data. In: Econometrica 58,6: 1411-1441.

Höhn, C., et al. (1987): Mehrsprachiges demographisches Wörterbuch. Deutschsprachige Fassung. Schriftenreihe des Bundesinstituts für Bevölkerungsforschung, Sonderband 16. Wiesbaden.

Hyndman, R.; Booth, H. (2008): Stochastic population forecasts using functional data models for mortality, fertility and migration. In: International Journal of Forecasting 24,3: 323–342 [doi: 10.1016/j.ijforecast.2008.02.009].

Hyndman, R.; Ullah, S. (2007): Robust forecasting of mortality and fertility rates: a functional data approach. In: Computational Statistics & Data Analysis 51: 4942–4956 [doi: 10.1016/j.csda.2006.07.028].

Hyndman, R.; Booth, H.; Yasmeeen, F. (2011): Coherent mortality forecasting: the product-ratio method with functional time series models. EBS Working Paper [<http://robjhyndman.com/papers/coherentfdm>].

Keilman, N.; Pham, D. Q.; Hetland, A. (2002): Why population forecasts should be probabilistic - Illustrated by the case of Norway. In: Demographic Research 6: 409–453 [doi: 10.4054/DemRes.2002.6.15].

Keyfitz, N. (1972): On Future Population. In: Journal of the American Statistical Association 67: 347-363.

Keyfitz, N. (1981): The Limits of Population Forecasting. In: Population and Development Review 7,4: 579-593.

Klein, T. (2008): Kampf um Talente - Das Kind ist (fast) in den Brunnen gefallen. In: HR Performance 6: 44-47.

Lee, R. (1993): Modeling and forecasting the time series of U.S. fertility: age distribution, range, and ultimate level. In: International Journal of Forecasting 9: 187–202.

Lee, R. (1999): Probabilistic approaches to population forecasting. In: Lutz, W., Vaupel, J. und Ahlburg, D. (Hg.): Frontiers of population forecasting. A supplement to Population and Development Review 24: 156 –190 [doi: 10.2307/2808055].

- Lee, R. (2000): The Lee-Carter method for forecasting mortality, with various extensions and applications. In: North American Actuarial Journal 4,1: 80–92.
- Lee, R.; Carter, L. (1992): Modeling and forecasting US mortality. In: Journal of the American Statistical Association 87,419: 659–671.
- Lee, R.; Nault, F. (1993): Modeling and forecasting provincial mortality in Canada. Paper presented at the World Congress of the IUSSP. Montreal.
- Lee, R.; Tuljapurkar, S. (1994): Stochastic Forecasts for the United States: Beyond High, Medium, and Low. In: Journal of American Statistical Association 89,428: 1175–1189.
- Li, N.; Lee, R. (2005): Coherent mortality forecasts for a group of populations: An extension of the Lee-Carter method. In: Demography 42,3: 575–594 [doi: 10.1353/dem.2005.0021].
- Lipps, O.; Betz, F. (2003): Stochastische Bevölkerungsprognose für West- und Ostdeutschland. MEA Discussion Paper 41, Mannheim.
- Lipps, O.; Betz, F. (2004): Stochastic Population Projection for Germany – based on the Quadratic Spline approach to modelling age specific fertility rates. MEA Discussion Paper 59, Mannheim.
- Lowack, W.-R. (2007): Die Europäische Metropolregion Rhein-Neckar - Auftrag, Vision und Umsetzung. In: UWF – UmweltWirtschaftsForum 15,3: 130–135 [doi: 10.1007/s00550-007-0042-3].
- Lutz, W.; Sanderson, W.; Scherbov, S. (1996): World population scenarios for the 21st century. In: Lutz, W. (Hg.): The future population of the world: What can we assume today? London: 361–396.
- Lutz, W.; Sanderson, W.; Scherbov, S. (1998a): Expert-based probabilistic population projections. In: Population and Development Review 24, Supplement: Frontiers of Population Forecasting: 139–155 [doi: 10.2307/2808054].
- Lutz, W.; Sanderson, W.; Scherbov, S. (1998b): An expert-based framework for probabilistic national population projections: The example of Austria. In: European Journal of Population 14: 1–17.
- Lutz, W.; Sanderson, W.; Scherbov, S. (2001): The end of world population growth. In: Nature 412: 543–545.
- Metropolregion Rhein-Neckar (2011): Jahresbericht 2010 zur gemeinschaftlichen Regionalentwicklung. URL: http://www.m-r-n.com/fileadmin/PDF-Downloads/MRN_Jahresbericht_2010_01.pdf, zuletzt abgerufen am 9.2.2012.
- Moore, A.; Schneider, J.; Deng, K. (1997): Efficient Locally Weighted Polynomial Regression Predictions. In: Kaufmann, M. (Hg.): Proceedings of the Fourteenth International Conference on Machine Learning. San Francisco, CA, USA: 236–244.
- O’Neill, B. et al. (2001): A Guide to Global Population Projections. In: Demographic Research 4: 203–288 [doi: 10.4054/DemRes.2001.4.8].
- Ott, T.; Schmitz-Veltin, A.; West, C. (2006): Kinderwunsch - immer später und oft unerfüllt. In: Institut für Länderkunde (Hg.): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, Bd. 12, Leben in Deutschland. Heidelberg, Berlin: 48–49.

Pflaumer, P. (1988): Confidence Intervals for Population Projections based on Monte Carlo Methods. In: International Journal of Forecasting 4: 135-142.

Ramsay, J. (2008): Functional Data Analysis. URL: http://gbi.agrsci.dk/~shd/public/FDA2008/FDA_Sage.pdf, zuletzt abgerufen am 31.5.2011.

Ramsay, J.; Silverman, B. (2001): Functional Data Analysis. International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences. In: Smelser, N. (Hg.); Baltes, P. (Hg.). Amsterdam: 5822-5828.

Rogers, A. (1985): Regional Population Projection Models. Beverly Hills.

Sanderson, W. (1995): Predictability, complexity, and catastrophe in a collapsible model of population, development, and environmental interactions. In: Mathematical Population Studies 5,3: 259-279.

Schnabel, S.; Kistowski, K. von; Vaupel, J. (2005): Immer neue Rekorde und kein Ende in Sicht: der Blick in die Zukunft lässt Deutschland grauer aussehen als viele erwarten. In: Demografische Forschung Aus Erster Hand 2,2: 3.

Statistisches Bundesamt (2009): 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung – Annahmen und Ergebnisse. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2010): Statistisches Jahrbuch 2010 für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden.

Stoto, M. (1983): The accuracy of population projections. In: Journal of the American Statistical Association 78: 13–20.

Tukey, J. W. (1977): Exploratory Data Analysis. London.

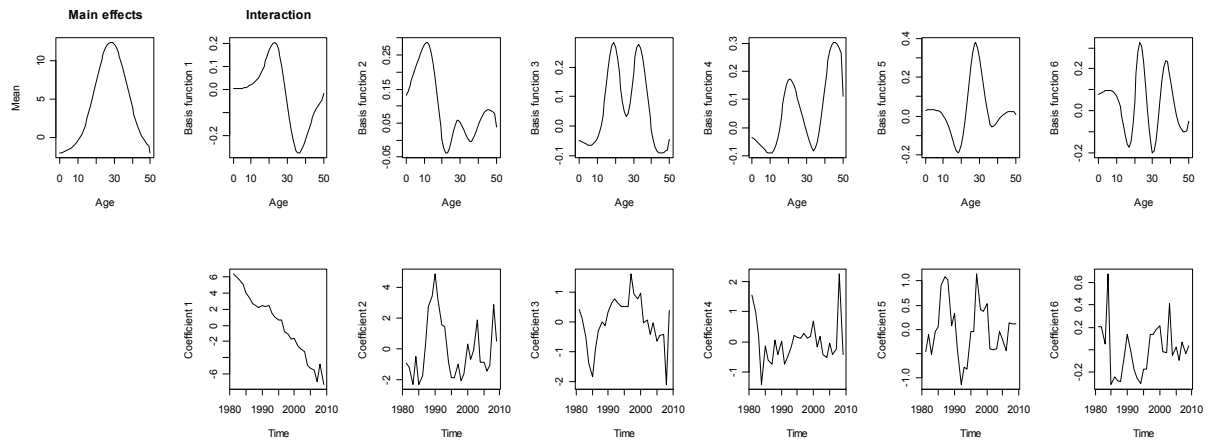
Whelpton, P. (1928): Population of the United States, 1925 to 1975. In: American Journal of Sociology 34: 253-270.

Wilson, C. (2001): On the scale of Global Demographic Convergence 1950-2000. In: Population and Development Review 27,1: 155-171 [doi: 10.1111/j.1728-4457.2001.00155.x].

Wood, S. (1994): Obtaining Birth and Mortality Patterns From Structured Population Trajectories. In: Ecological Monographs 64,1: 23-44 [doi: 10.2307/2937054].

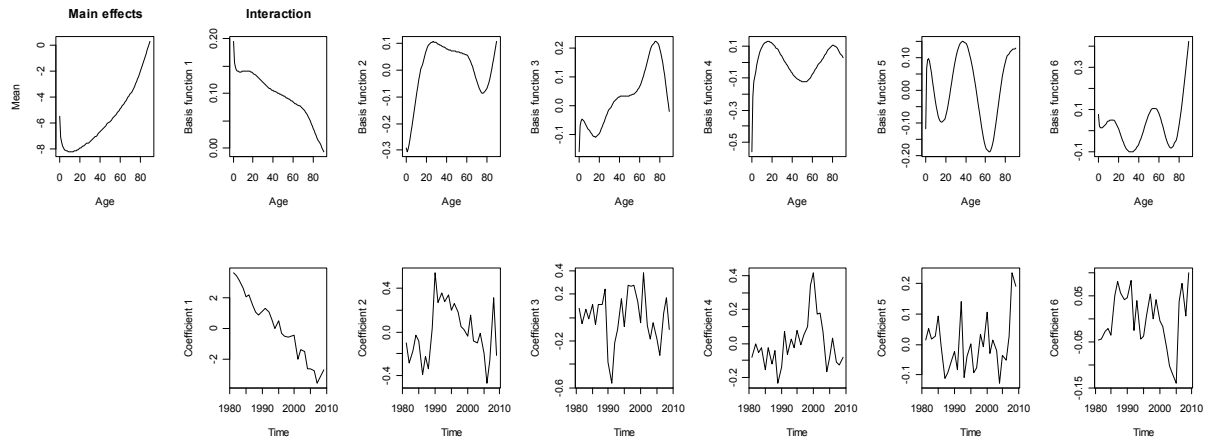
2.7 Anhang zu Kapitel 2

Anhang 2-1: Die sechs Basisfunktionen des Fertilitätsmodells



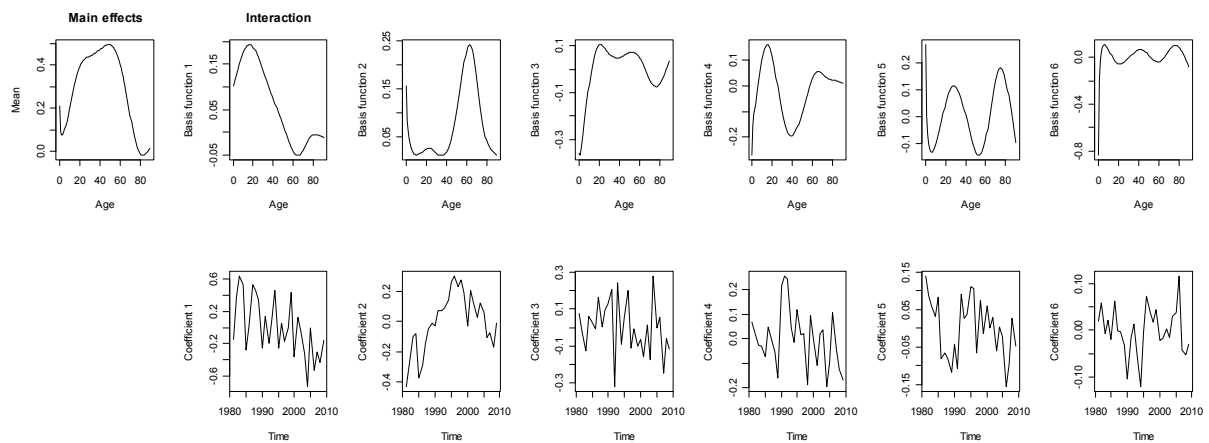
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Anhang 2-2: Die sechs Basisfunktionen des Produkt-Modells zur Mortalität



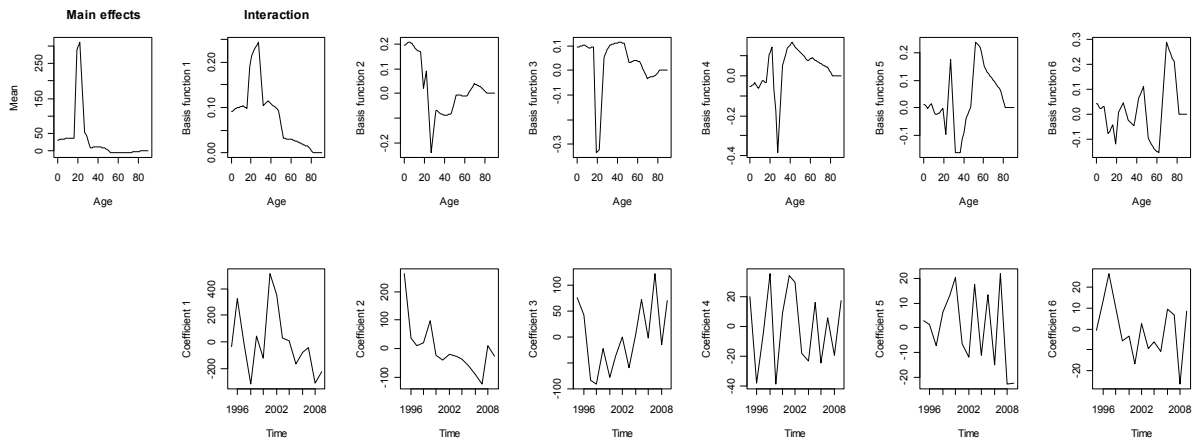
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Anhang 2-3: Die sechs Basisfunktionen des Verhältnis-Modells zur Mortalität



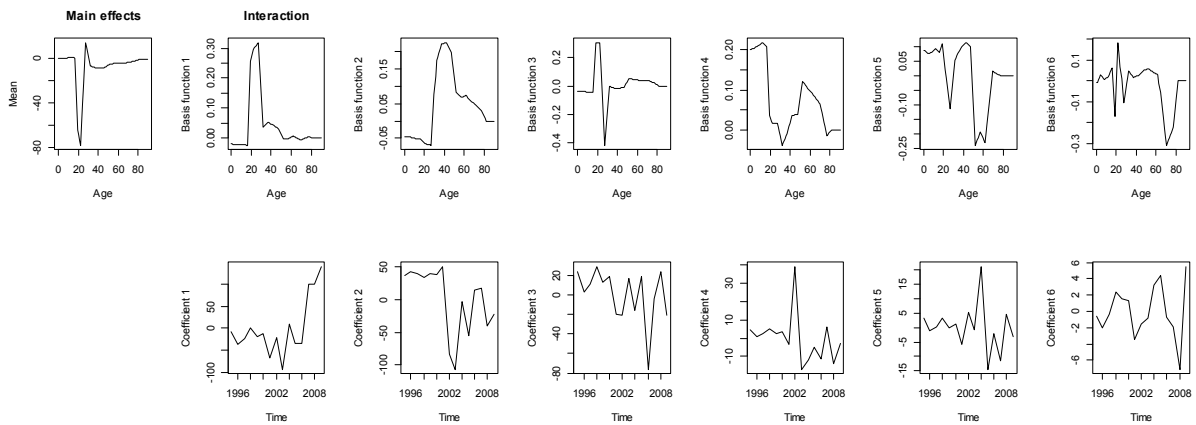
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Anhang 2-4: Die sechs Basisfunktionen des Produkt-Modells zur Migration



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

Anhang 2-5: Die sechs Basisfunktionen des Verhältnis-Modells zur Migration



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten der Statistischen Landesämter Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz.

3 Die Entwicklung der Erwerbspersonen in der Metropolregion Rhein-Neckar

3.1 Einleitung

Die Metropolregion Rhein-Neckar bildet den siebtgrößten deutschen Wirtschaftsraum und liegt im Schnittpunkt der drei Bundesländer Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz. Mit der Vision 2025 wurde das Ziel formuliert „bis 2025 als eine der attraktivsten und wettbewerbsfähigsten Regionen in Europa bekannt und anerkannt“ zu sein (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011: 4). Grundvoraussetzung hierfür ist ein funktionierender regionaler Arbeitsmarkt. Die Planung erfordert Kenntnisse über das zukünftige Arbeitskräfteangebot, denn der sich abzeichnende demographische Wandel führt zu einem Bevölkerungsrückgang, insbesondere bei jüngeren Menschen (Börsch-Supan und Wilke, 2009; Statistisches Bundesamt, 2009). Diese Entwicklung vollzieht sich auf regionaler Ebene unterschiedlich stark und Regionen stehen verstärkt in Konkurrenz um die jungen und gut ausgebildeten Arbeitnehmer (Buch et al., 2010).

Diese jungen Fachkräfte bilden sowohl in der endogenen Wachstumstheorie als auch in der Humankapitaltheorie eine wichtige Determinante für eine erfolgreiche Regionalentwicklung. Gemäß der endogenen Wachstumstheorie (Lucas, 1988; Romer, 1990) entsteht regionales Wachstum „von innen heraus“ (Deschermeier und Müller, 2012: 1). So generieren Hochqualifizierte durch nicht kodifizierbares Wissen die Basis für Innovationen und somit die Grundlage für langfristiges Wachstum einer Region (Arntz, 2009). Für den Zusammenhang zwischen Humankapital und Wachstum gibt es eine breite empirische Evidenz, die insbesondere auf der Humankapitaltheorie (Becker, 1975) aufbaut (vgl. Deschermeier und Müller, 2012: 3). Deshalb ist eine ausreichende Anzahl an hochqualifizierten Arbeitnehmern eine wichtige Ressource für die Entwicklung einer Region (Müller, 2012), um die Regionen durch den erwarteten Bevölkerungsrückgang im „War for Talents“ (Michaels, Handfield-Jones und Axelrod, 2006: 3) zukünftig in Konkurrenz stehen.

In welchem Maße eine Region vom demographischen Wandel betroffen ist, kann mit Hilfe von Bevölkerungsprognosen abgeschätzt werden. Keilman et al. (2002: 410) zeigen, dass stochastische Bevölkerungsprognosen aussagekräftigere Ergebnisse liefern, als die häufig von der amtlichen Statistik genutzte Szenariotechnik (Statistisches Bundesamt, 2011), da neben der Spannweite der möglichen Entwicklung auch eine Eintrittswahrscheinlichkeit für diese Spannweite berechnet werden kann. Deschermeier (2012) zeigt, dass sich von den verschiedenen stochastischen Alternativen (Lee, 1999;

Lipps und Betz, 2003: 5) Zeitreihenmodelle für eine regionale Modellierung am besten eignen. Jedoch liefern Bevölkerungsprognosen nur Informationen über das Erwerbspersonenpotential (Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter), sagen aber nichts über das Erwerbsverhalten dieser Menschen aus. Eine Vorausberechnung der Erwerbspersonen erfordert somit im ersten Schritt eine Bevölkerungsprognose und in einem zweiten Schritt Annahmen über die Entwicklung der Determinanten des Erwerbsverhaltens der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter.

Viele Definitionen arbeitsmarktrelevanter Größen, wie beispielsweise die Arbeitslosenquote, unterliegen regelmäßig politischen Reformen. So gibt es keine hinreichend langen und konsistenten Zeitreihendaten für den stochastischen Ansatz. Eine Modellierung der Entwicklung der Erwerbspersonen weist deshalb den Charakter einer Projektion auf, da zwar die Vorteile einer stochastischen Bevölkerungsprognose einfließen können, die Determinanten des Erwerbsverhaltens aber dennoch durch Szenarien beschrieben werden müssen (Börsch-Supan und Wilke, 2009). Ziel des vorliegenden Beitrags ist die Vorausberechnung der Erwerbspersonen der Metropolregion Rhein-Neckar, differenziert nach Alter und Geschlecht, durch Kombination der Vorzüge einer stochastischen Bevölkerungsprognose und Szenarien über die Entwicklung der alters- und geschlechtsspezifischen Erwerbsquoten.

Hierzu werden im nächsten Abschnitt zunächst die Zusammensetzung und Dynamik der Entwicklung der Erwerbspersonen erläutert. Abschnitt 3.3 stellt ein zweistufiges Modell zur Vorausberechnung der Erwerbspersonen vor und gibt einen Überblick über die methodischen Alternativen. Die zukünftige Anzahl der Erwerbspersonen berechnet sich dabei auf Basis einer Bevölkerungsprognose und Annahmen über die Entwicklung der Determinanten des Erwerbsverhaltens. Eine Erweiterung des Modells für verschiedene Subpopulationen erfolgt am Beispiel der Hochqualifizierten, also der qualitativen Dimension des Arbeitsangebotes. In Abschnitt 3.4 folgt die Anwendung des Modells auf den regionalen Arbeitsmarkt der Metropolregion Rhein-Neckar. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Modellierung der Erwerbsquoten. Der Beitrag schließt mit Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Modellierung und zeigt zukünftigen Forschungsbedarf auf.

3.2 Die Entwicklung der Erwerbspersonen

Abbildung 3-1 stellt die Erwerbspersonen als Teilmenge der Bevölkerung dar. Die Darstellung orientiert sich an den Werten der Verteilung der Bevölkerung der Metropolregion Rhein-Neckar für das Jahr 2009. Die Gesamtbevölkerung besteht einerseits aus den Menschen im erwerbsfähigen Alter (zwischen 15 und 67 Jahren) und den Menschen außerhalb dieses Altersbereiches. Die erste Gruppe bildet das Erwerbspersonenpotential, das sich auf Basis der Entscheidung, ob und in welchem Um-

fang ein Mensch am Erwerbsleben teilnimmt, in ökonomisch aktive (Erwerbspersonen) und inaktive Personen (Nicht-Erwerbspersonen) teilt. Nur die erste Gruppe gehört zum Arbeitskräfteangebot und beinhaltet sowohl Beschäftigte als auch Arbeitslose. Gemessen wird dies mit der Partizipationswahrscheinlichkeit und den geleisteten Arbeitsstunden (Franz, 2003). Die Partizipationswahrscheinlichkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person auf dem Arbeitsmarkt Arbeit anbietet. Der gängige Ansatz zur Erklärung der individuellen Partizipationsentscheidung leitet sich aus einem neoklassischen Modell zur Wahl zwischen (Freizeit-) Konsum und Arbeitszeit ab (Elhorst, 1995).⁷ Im Aggregat wird die (regionale) Partizipationsentscheidung durch die Erwerbsquote zum Zeitpunkt t und für das Alter x gemessen (Pencavel, 1986: 31):

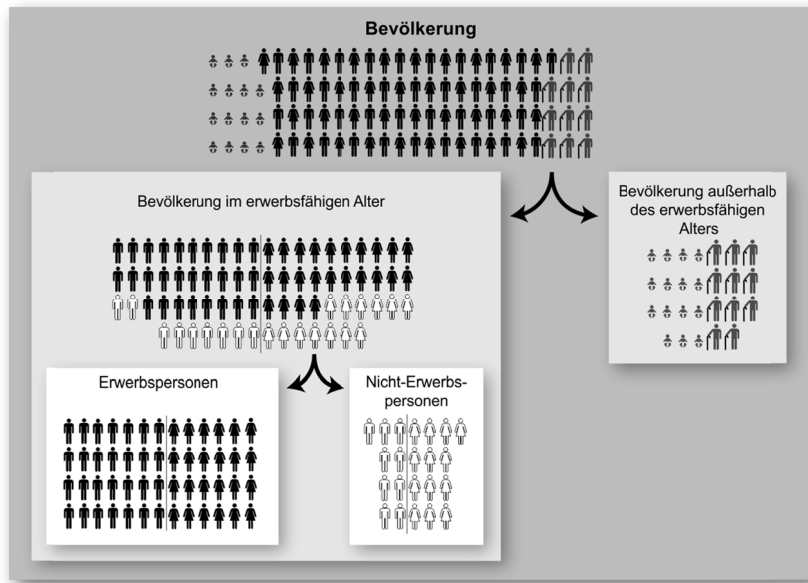
$$EQ_{x,t} = \frac{\#\{\text{Erwerbspersonen}_{x,t}\}}{\#\{\text{Bevölkerung}_{x,t}\}}. \quad (3.1)$$

Die regionale Erwerbsbeteiligung entspricht dem Anteil der Menschen, der zu einem gegebenen Lohnsatz unter Berücksichtigung verschiedener individueller Einflüsse arbeiten möchte (Noback, 2011: 14). So treffen Menschen ihre Entscheidung in Abhängigkeit von ihrem Umfeld, indem sie den Nutzen des Haushaltes und nicht nur den eigenen maximieren (Franz, 2003; Becker 1981). Außerdem wird die Partizipationsentscheidung auch vom Alter beeinflusst. Altersspezifische Erwerbsquoten ähneln optisch einer umgedrehten „U“-Form (Noback, 2011: 15). Durch Schule, Ausbildung und Studium sind junge Menschen unter 20 Jahren kaum erwerbstätig, anschließend steigen die Werte sehr steil an und bleiben konstant auf diesem Niveau, bis sie am oberen Ende der Spanne des Erwerbsalters wieder deutlich zurückgehen. Darüber hinaus zeigen viele Studien, dass Kinder einen Einfluss auf die weibliche Partizipationsentscheidung aufweisen. Dies äußert sich in einem „Familiendip“ (Allmendiger und Ebner, 2005: 8). Die weibliche Erwerbsquote fällt nach einem ersten Hochpunkt etwas ab, um anschließend wieder anzusteigen. Durch diese „Delle“ spricht man von einer „M“-förmigen Kurve (Noback, 2011: 15). Abbildung 3-2 zeigt schematisch die typischen Verläufe der alters- und geschlechtsdifferenzierten Erwerbsquoten. Elhorst (1995) diskutiert ausführlich weitere Einflüsse.

Die Menge der ökonomisch inaktiven Personen in Abbildung 3-1 setzt sich aus diversen Teilgruppen zusammen, die ihre Arbeitskraft nicht am Arbeitsmarkt anbieten (Franz, 2003): Studenten sind Teil des Bildungssystems, Frührentner sind bereits aus dem Erwerbsleben ausgeschieden, Hausmänner beziehungsweise Hausfrauen haben sich im Rahmen der Familienorganisation gegen eine Beteiligung am Arbeitsmarkt entschieden und sind nicht Teil des Arbeitskräfteangebotes.

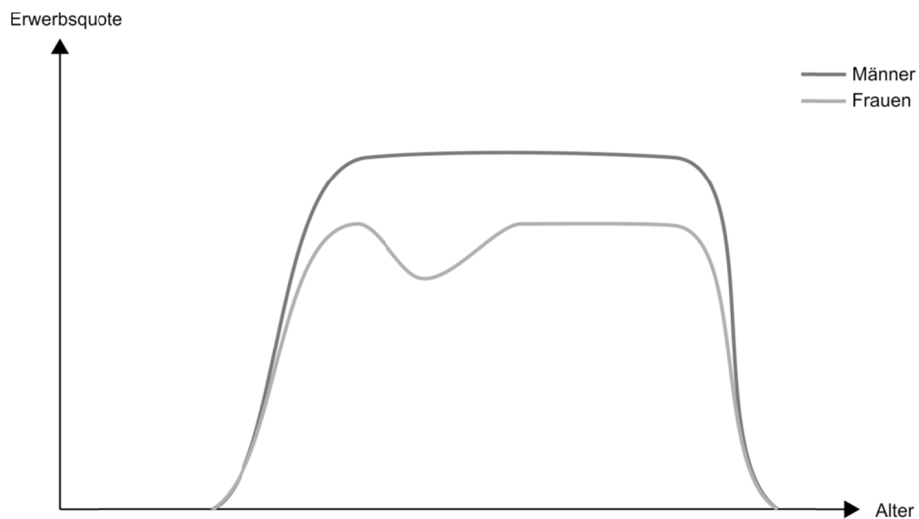
⁷ Vgl. Franz (2003) für eine ausführliche Darstellung und Diskussion des Optimierungsproblems.

Abbildung 3-1: Die Erwerbspersonen als Teilmenge der Bevölkerung



Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 3-2: Stilisierte Darstellung der männlichen und weiblichen Erwerbsquote

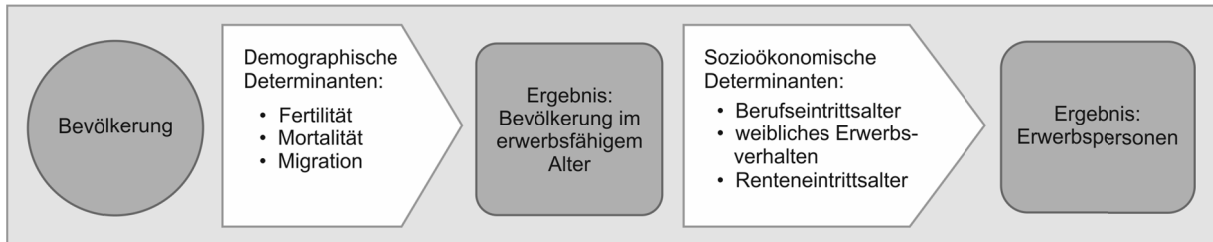


Quelle: Eigene Darstellung.

Die regionale Erwerbsbeteiligung stellt neben der Bevölkerungsentwicklung die entscheidende Determinante der Entwicklung der Erwerbspersonen dar. Abbildung 3-3 verdeutlicht die Dynamik der Entwicklung der Erwerbspersonen. Zunächst bestimmen die demographischen Determinanten Fertilität, Mortalität und Migration die Bevölkerungszahl und -struktur für einen vorgegebenen Zeithorizont. Das Erwerbsverhalten der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter eines Jahres bestimmt näherungsweise das quantitative Arbeitskräfteangebot als Anzahl der Erwerbspersonen über die folgen-

den Determinanten: das Erwerbsverhalten von Frauen sowie dem Berufs- und Renteneintrittsalter (Börsch-Supan und Wilke, 2009: 34).⁸

Abbildung 3-3: Die Dynamik der Entwicklung der Erwerbspersonen



Quelle: Eigene Darstellung.

3.3 Ein zweistufiges Modell zur Vorausberechnung der Erwerbspersonen

3.3.1 Schritt 1: Die Entwicklung der Bevölkerung

Zahl und Struktur der Bevölkerung unterliegen permanenten Veränderungen. Die natürlichen Bevölkerungsbewegungen umfassen Geburten und Sterbefälle, also die biologischen Vorgänge, die die Lebensdauer jedes einzelnen Menschen bestimmen. Neben dieser natürlichen Erneuerung der Generationen bestimmen räumliche Bevölkerungsbewegungen in Form von Zu- und Abwanderung den Bevölkerungsstand. Die demographische Grundgleichung fasst diesen Zusammenhang zum Zeitpunkt t zusammen (Bähr et al., 1992: 327):

$$B_t = B_{t-1} + G_{t-1,t} - S_{t-1,t} + M_{t-1,t}. \quad (3.2)$$

B_t bezeichnet dabei die Bevölkerung zum Zeitpunkt t , während $G_{t-1,t}$, $S_{t-1,t}$ und $M_{t-1,t}$ die Anzahl der Geburten, Sterbefälle beziehungsweise der Nettomigration zwischen den Zeitpunkten $t-1$ und t kennzeichnen. Diese Formulierung betrachtet die Bevölkerung allerdings nur im Aggregat. Differenzierte Aussagen über das Erwerbspersonenpotential und die Erwerbspersonen, insbesondere über die Altersstruktur, erfordern eine nach Altersjahren (oder aggregiert zu Altersgruppen) und Geschlecht differenzierte Bevölkerung für jeden Beobachtungszeitpunkt. Aus diesem Grund verwenden Bevölke-

⁸ Die einzelnen Determinanten des Erwerbsverhaltens werden ausführlich in Abschnitt 3.2 diskutiert.

rungsprognosen üblicherweise die Kohorten-Komponenten-Methode (Statistisches Bundesamt, 2011: 5), die die Bevölkerungsentwicklung durch alters- und geschlechtsspezifische Fertilitäts- und Mortalitätsraten sowie der Nettomigration in einem Vektormodell formalisiert (Lee und Tuljapurkar, 1994: 1178).

Zur methodischen Umsetzung der Prognose der Bevölkerung auf Basis der Kohorten-Komponenten-Methode gibt es zwei unterschiedliche Ansätze. Die traditionelle Herangehensweise, die üblicherweise von der amtlichen Statistik verwendet wird, nutzt deterministische Modelle, die durch Kombination verschiedener Annahmen über die einzelnen demographischen Komponenten verschiedene mögliche Verläufe bestimmen (Lipps und Betz, 2003: 4). Dieser Ansatz stellt somit keine „echte“ Prognose dar, sondern ein deterministisches „Wenn... dann...“-Modell (Birg, 2005: 41) und schreibt die Ausgangsbevölkerung eines Jahres, unterteilt nach Altersjahren und Geschlecht, über exakt beschriebene Annahmen fort (Lipps und Betz, 2004: 3). Diese beeinflussen maßgeblich die Qualität der Prognose. Katastrophen, wie beispielsweise die Pestwelle Ende des 15. Jahrhunderts, werden ebenso wie Wunder sinnvollerweise ausgeschlossen (Birg, 2005: 41). Darüber hinaus weist dieser Ansatz eine Reihe an methodischen Schwächen auf. Eine ausführliche Diskussion findet sich bei Lee (1999). Diese Methode hat aber grundsätzlich den Vorteil, dass sie einfach umsetzbar und die Menge an benötigten Daten eher gering ist. Allerdings können den einzelnen Szenarien keine Eintrittswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden (Keilman et al., 2002).

Aus diesem Grund haben in den letzten Jahren stochastische Ansätze, die insbesondere Modelle aus der Zeitreihenanalyse nutzen, an Popularität gewonnen. Denn diese bieten die Möglichkeit neben der zukünftigen Entwicklung einen Schwankungsbereich in Form von Konfidenzintervallen zu ermitteln (Keilman et al., 2002: 411). Die Bevölkerung wird, anders als im deterministischen Ansatz, nicht mittels Annahmen über die demographischen Variablen fortgeschrieben, sondern stochastisch prognostiziert. Eine Ausgangsbevölkerung wird zu einem bestimmten Zeitpunkt nach Alter und Geschlecht in Kohorten aufgeteilt. Fertilität, Mortalität und Migration werden auf Basis von Zeitreihendaten prognostiziert.

Die Berechnung der Prognoseintervalle kann auf verschiedene Arten erfolgen (Lee, 1999). Die drei verbreitetsten Arten sind (Lipps und Betz, 2003: 5):

- Analyse historischer Prognosefehler (Keyfitz, 1981; Stoto, 1983): Bereits existierende Prognosen werden mit der tatsächlichen Entwicklung verglichen und aus der Abweichung Standardfehler abgeleitet. Diese dienen als Grundlage für die Berechnung neuer Prognoseintervalle.

- Annahmen von Expertengruppen (Lutz et al., 1996; 1998a und 1998b): Eine Expertengruppe verständigt sich sowohl auf eine Punktschätzung über die zukünftige Entwicklung, als auch über die Prognoseintervalle der einzelnen demographischen Raten.
- Ansätze aus der Zeitreihenanalyse erklären die vergangene Entwicklung durch statistische Modelle und liefern eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, die zur Prognose der einzelnen Komponenten der Bevölkerungsentwicklung genutzt werden. Der prominenteste Vertreter dieser Ansätze ist das Zeitreihenmodell von Lee und Carter (1992) zur Erklärung der Mortalitätsraten, das vielfach erweitert wurde (beispielsweise Hyndman und Booth, 2008; Lipps und Betz, 2003; Deschermeier, 2012). Nur Zeitreihenmodelle erlauben es, die mit einer Prognose verbundene Unsicherheit über eine Verteilung konsistent abzubilden (Keilman et al., 2002).

Für stochastische Bevölkerungsprognosen auf regionaler Ebene eignen sich insbesondere Zeitreihenmodelle, denn diese erfordern keine Experteninterviews oder ältere existierende Prognosen (Deschermeier, 2012). Der methodische Aufwand und Bedarf an Daten ist dabei jedoch wesentlich größer als für deterministische Modelle, da ein adäquater Modellrahmen für die demographischen Einflussfaktoren gefunden werden muss, der darüber hinaus lange und konsistente Zeitreihen benötigt. Jedoch liefern sie wichtige Zusatzinformationen für Regionalplaner, da insbesondere die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Entwicklungspfades die Bewertung verschiedener Handlungsalternativen erleichtert.

3.3.2 Schritt 2: Die Entwicklung des Erwerbspersonen

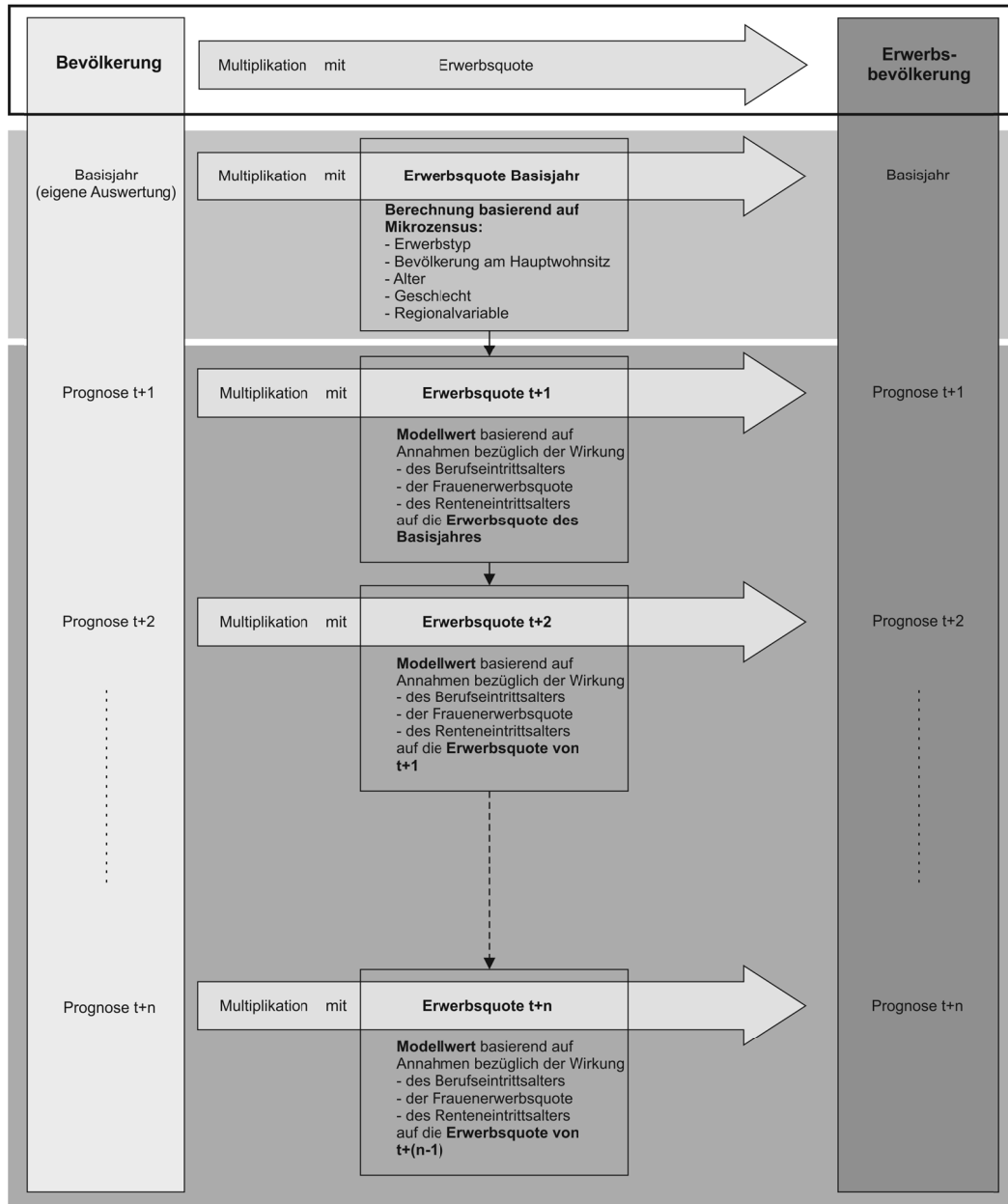
Im zweiten Schritt des Modells bestimmt sich die Anzahl der Erwerbspersonen (EWP) zum Zeitpunkt $t+1$ aus dem Produkt der prognostizierten Bevölkerung und der Erwerbsquote, beide differenziert nach Alter (x) und Geschlecht zum Zeitpunkt t :

$$EWP_{x,t} = B_{x,t-1} \cdot EQ_{x,t-1}. \quad (3.3)$$

Abbildung 3-4 verdeutlicht die Berechnungen für den Prognosehorizont. Zunächst wird eine Ausgangsbevölkerung mit den aktuellen alters- und geschlechtsspezifischen Erwerbsquoten multipliziert. Dieses Produkt liefert die Anzahl der Erwerbspersonen nach Alter und Geschlecht zum Zeitpunkt t .

Für jedes weitere Jahr der Prognose werden die Werte der prognostizierten Bevölkerung (vgl. Abschnitt 3.1) mit unterstellten Werten für die Erwerbsquoten multipliziert.

Abbildung 3-4: Schema für die Berechnung der Erwerbsbevölkerung



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Entwicklung der Erwerbsquote ist durch drei sozioökonomische Parameter bestimmt (Börsch-Supan und Wilke, 2009: 34):

- Berufseintrittsalter;
- Frauenerwerbsquote;
- Renteneintrittsalter.

Die für die Vorausberechnung angenommenen zukünftigen Werte dieser Parameter basieren sowohl auf theoretischen Argumenten sowie auf die MRN abgestimmten empirischen Befunden⁹. So wird das **Berufseintrittsalter** durch die Einführung der Bachelorstudiengänge, das Wegfallen der Wehrpflicht und die G8-Reform in den nächsten Jahren sinken und somit die Erwerbsquoten in den Altersbereich der unter 25-jährigen Männer und Frauen ansteigen. Im Modell wird dies durch eine Verschiebung der Erwerbsquote nach vorne berücksichtigt. Sinkt das Berufseintrittsalter beispielsweise per Annahme um zwei Jahre, so verschiebt sich der Wert der Erwerbsquote der 24-Jährigen auf den der 22-Jährigen. Die realistische Untergrenze für den Eintritt in das Berufsleben beträgt 15 Jahre (Börsch-Supan und Wilke, 2009: 34). Dies wird durch die genannten Faktoren nicht verändert, die Erwerbsquoten in diesem Alter werden deshalb nur angehoben und nicht auf jüngere Altersklassen übertragen.

Wie stark der demographische Druck auf den Arbeitsmarkt wirkt, hängt darüber hinaus davon ab, inwieweit sich das Partizipationsverhalten von **Frauen** ausweiten wird. Für einen zukünftigen Anstieg spricht eine Kombination verschiedener Faktoren (Noback, 2011: 13). So investieren Frauen vermehrt in Bildung, der Anteil der Hochschulabsolventinnen gleicht sich dem der Männer an. Außerdem gibt es seit einigen Jahren den Trend, dass Frauen Geburten auf spätere Altersabschnitte verschieben, das mittlere Alter von Frauen bei der Geburt steigt auch bis 2030 in der MRN an (Deschermeier, 2012). Allerdings ist dies ein „Tempo Effekt“ (Goldstein et al., 2009), da sich das biologische Zeitfenster für Geburten trotz medizinischer Fortschritte nur begrenzt verlängern lässt und der Kinderwunsch somit verstärkt in höheren Altersjahren realisiert wird. Da insbesondere die Karriereplanung ein Grund für diese Verlagerung ist, werden die Erwerbsquoten oberhalb der Ausbildungsjahre somit deutlich ansteigen und sich dem Niveau der Männer angleichen. Bei Frauen in der Altersgruppe 30-34 Jahre wird anschließend ein „Familiendip“ (Allmendinger und Ebner, 2005: 8) zu rückläufigen Erwerbsquoten führen, die sich aber rasch wieder denen der Männer angleichen. Deshalb weisen die zukünftigen altersspezifischen Erwerbsquoten der Frauen der MRN eine „M“ Form auf (Noback, 2011: 15).

Auch die stärkere Akzeptanz der Vereinbarkeit von Familie und Beruf in Form von flexibleren Arbeitszeitanrangements trägt zur Angleichung der Erwerbsquoten bei. So helfen die Arbeit des Forums für „Vereinbarkeit von Beruf und Familie“ sowie die wohnortunabhängige Kindergartenwahl in Teilen der MRN langfristig die weibliche Erwerbsbeteiligung zu steigern (Metropolregion Rhein-Neckar, 2009: 20). Denn diese Regelungen fördern die weibliche Erwerbstätigkeit und gleichzeitig entsteht

⁹ Die Erkenntnisse der Bevölkerungsprognose von Deschermeier (2012) fließen in die Modellierung der Annahmen ein.

ein wechselseitiger Prozess, da der daraus resultierende steigende Anteil an Frauen auf dem Arbeitsmarkt eine größere Nachfrage nach derartigen Regelungen schafft (Noback, 2011: 13). Für die MRN ist eine hohe positive Nettomigration, insbesondere bei den weiblichen (Aus-)Bildungs- und Arbeitsplatzwanderern (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2011) prognostiziert (Deschermeier, 2012). Dies verdeutlicht die guten Beschäftigungsmöglichkeiten für (junge) Frauen in der MRN, denn Noback (2011: 17) argumentiert, dass wandernde Frauen eine höhere Erwerbsbeteiligung aufweisen, da meist berufsbezogene Motive verfolgt werden (Niedersächsischer Landtag, 2007: 131).

Die Angleichung der Erwerbsquoten erfolgt im Modell aus der stetigen Verringerung der Differenz zwischen den Erwerbsquoten der Männer und Frauen durch einen konstanten Faktor. Allmendinger und Ebner (2005: 5) gehen allerdings von keiner vollständigen Angleichung aus, dies wird in den Annahmen über die Entwicklung der weiblichen Erwerbsquote berücksichtigt.

Renteneintrittsalter: Der demographische Wandel bedingt einerseits Probleme für die sozialen Sicherungssysteme, andererseits steigt die Lebenserwartung der Menschen und die Spanne aktiven Lebens verschiebt sich bis in die hohen Altersklassen. Die sich ändernden gesellschaftlichen Rahmenbedingungen führten zu einer Anhebung des gesetzlichen Renteneintrittsalters auf 67 Jahre, weitere Anhebungen sind wahrscheinlich. Im Modell äußert sich dies in einer Verschiebung der Erwerbsquoten in höhere Altersklassen.

3.3.3 Erweiterung des Modells: Hochqualifizierte

Durch den demographischen Wandel wird die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter sinken. Somit stehen dem Arbeitsmarkt weniger Menschen für die Produktion zur Verfügung. Hieraus ergibt sich ein Zwang zu Produktivitätssteigerungen (Börsch-Supan, 2002: 9) um den heutigen Lebensstandard zu halten. Dies erfordert sowohl eine höhere Kapitalintensität (Börsch-Supan, 2004: 12) als auch einen höheren Anteil an Humankapital und somit Hochqualifizierten (Deschermeier und Müller, 2012: 2). Die Hochqualifizierten sind eine Subpopulation des Arbeitskräfteangebotes und dienen als Indiz für das quantitative Ausmaß der ökonomischen Konsequenzen des demographischen Wandels auf den regionalen Arbeitsmarkt der MRN. Die Metropolregion Rhein-Neckar (2009: 7) benennt Hochqualifizierte als entscheidenden Faktor für die eigene Wettbewerbsfähigkeit, da beschleunigte Innovationszyklen das Wachstum ankurbeln (Lowack, 2007: 131) und diese insbesondere durch die „Wissensarbeiter“ (Spinnen, 2011: 140) getragen werden.

Das in Abschnitt 3.1 und 3.2 vorgestellte Modell kann auf unterschiedliche Subpopulationen erweitert werden. Die Vorausberechnung der Entwicklung der Hochqualifizierten basiert auf der Quote der hochqualifizierten Beschäftigten (gekennzeichnet durch den Parameter ψ) zum Zeitpunkt t :

$$\psi_t = \frac{\#\{\text{SV Beschäftigte mit hoher Qualifikation}_t\}}{\#\{\text{Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter}_t\}} \quad (3.4)$$

und berechnet sich aus dem Verhältnis der Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit einer hohen Qualifikation und der Anzahl der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter zu einem gegebenen Zeitpunkt. Die Quote ist ein sekundärstatistisch erfasster Wert und kann somit bei einer ausreichenden Datenlage als Zeitreihenmodell geschätzt und für den gewünschten Zeithorizont prognostiziert werden. Alternativ kann die Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung durch verschiedene Szenarien berücksichtigt werden. Hieraus resultiert eine Zeitreihe für den Parameter ψ über den Prognosehorizont.

Aus der Bevölkerungsprognose im ersten Schritt des Modells (vgl. Abschnitt 3.1) bestimmt sich unter anderem die Entwicklung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter bis 2030. Aus dem Produkt mit den generierten Werten für die zukünftige Quote der hochqualifizierten Beschäftigten resultiert der Bestand an sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit hoher Qualifikation für einen Zeitpunkt des Prognosehorizontes. Dieses Vorgehen lässt sich auch auf andere Subpopulationen anwenden, beispielsweise auf weitere Qualifikationsprofile.

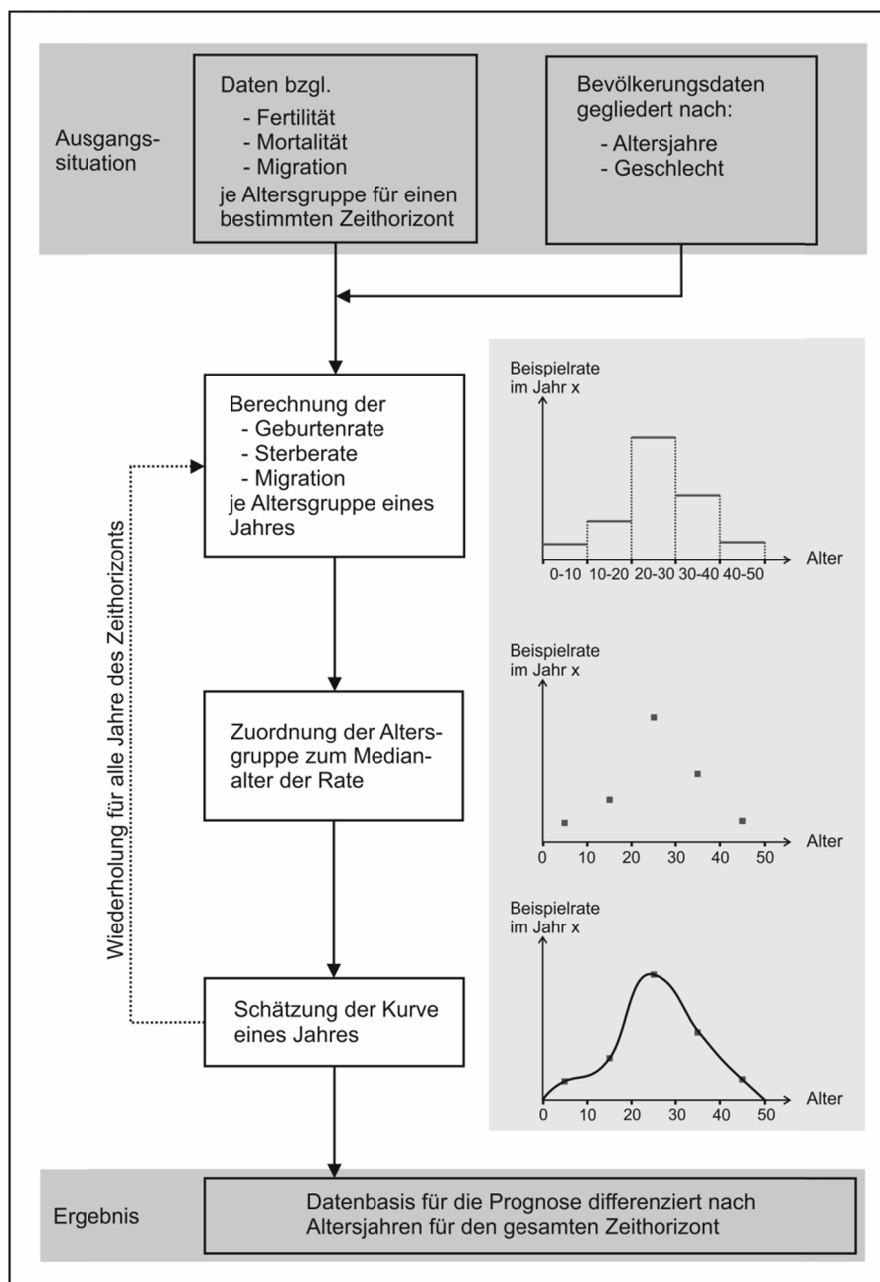
3.4 Die Entwicklung der Erwerbspersonen in der MRN

3.4.1 Datenbasis, Modellierung der Erwerbsquoten und Szenarien

Als problematisch für die Umsetzung des Modells erweist sich die Datengrundlage für die Erwerbsquoten. Auf nationaler Ebene besteht die Möglichkeit alters- und geschlechtsspezifische Werte aus dem Mikrozensus des Statistischen Bundesamtes zu bestimmen. Die Modellierung der Erwerbsquoten auf regionaler Ebene erweist sich als schwieriger, da die Grundgesamtheit kleiner ist. Um Repräsentativität zu gewährleisten, können aus dem Mikrozensus deshalb nur Werte berechnet werden, die nach Altersgruppen gegliedert sind. Dies erschwert allerdings differenzierte Aussagen über die Altersstruktur der Bevölkerung oder der Erwerbspersonen. Aus diesem Grund verzichtet beispielsweise die Enquete Kommission „demographischer Wandel - Herausforderung an ein zukunftsfähiges

Niedersachsen“ (Niedersächsischer Landtag, 2007: 130) auf eine Vorausberechnung der Anzahl der Erwerbspersonen auf regionaler Ebene und leitet lediglich aus der Entwicklung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter Rückschlüsse für regionale Arbeitsmärkte ab. Die vorliegende Vorausberechnung der Anzahl der Erwerbspersonen der Metropolregion Rhein-Neckar basiert jedoch auf Methoden der funktionalen Datenanalyse (Ramsey und Silverman, 2005), die zu Altersgruppen aggregierte Merkmale auf die gewünschte Gliederung nach Altersjahren glättet.

Abbildung 3-5: Die funktionale Datenanalyse und die Glättung der Daten



Quelle: Eigene Darstellung.

Bei diesem Ansatz stellen sekundärstatistische Merkmale zusammenhängende Beobachtungen dar und folgen einem funktionalen Zusammenhang. Die Grundidee der funktionalen Datenanalyse ist es diesen Zusammenhang durch Spline-Regression zu schätzen. Den einzelnen Altersgruppen wird der sekundärstatistische Funktionswert des betrachteten Merkmals zugeordnet. Dabei bilden die Mitten der Altersgruppen des betrachteten Merkmals eines Jahres Knoten (Stützpunkte). Diese werden durch kubische Polynome (Splines) miteinander verbunden (Wood, 1994: 27). Dadurch entstehen stetig differenzierbare Funktionen, die es ermöglichen jedem Altersjahr einen Funktionswert zuzuordnen. Auf diese Weise können fehlende Informationen in den altersgruppierten Sekundärdaten aufgefüllt und vervollständigt werden. Diese Prozedur kann für jedes Jahr der zugrunde liegenden Daten wiederholt werden. Abbildung 3-5 verdeutlicht dieses Vorgehen am Beispiel der demographischen Entwicklung.

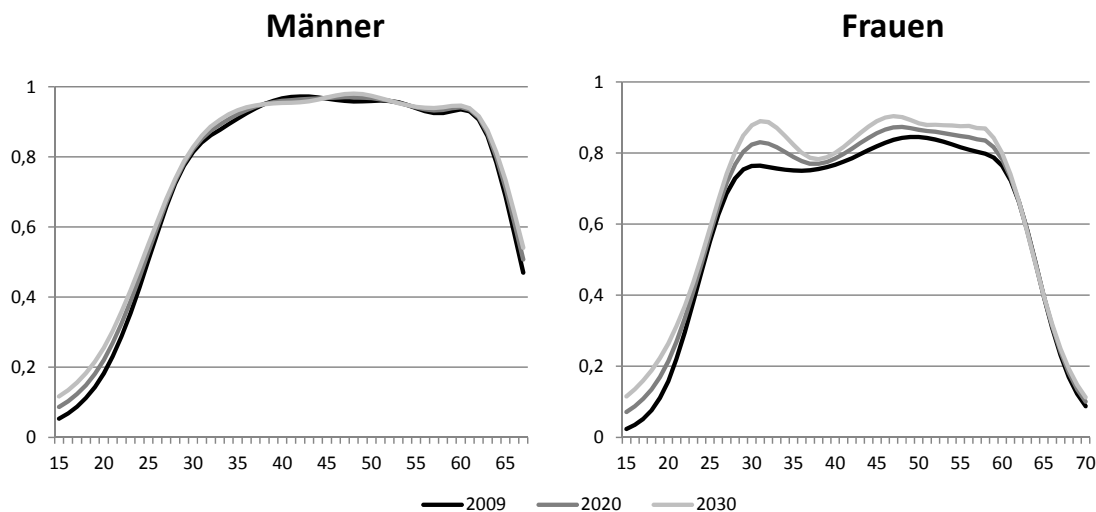
Über die Modellierung demographischer Merkmale existiert eine breite Literatur, die auf dem Paradigma funktionaler Daten aufbauen. Diese Zeitreihenmodelle zielen darauf ab, die Struktur der vergangenen Entwicklung zu erklären, um sie für Prognosen zu nutzen. So entwickeln beispielsweise Hyndman und Ullah (2007) einen Ansatz mit dem sie die Fertilitätsraten Australiens und die Mortalitätsraten Frankreichs prognostizieren. Hyndman und Booth (2008) erweitern diesen Ansatz und nutzen ihn für eine Prognose der australischen Bevölkerung. Deschermeier (2012) überträgt dieses Vorgehen am Beispiel der Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar auf die regionale Ebene. Die Modelle der funktionalen Datenanalyse erweisen sich darüber hinaus als sehr flexibel und können an andere thematische Fragestellungen angepasst werden. So modellieren Erbas et al. (2007) die Sterbewahrscheinlichkeit von Frauen mit Brustkrebserkrankungen.

Die Entwicklung der Erwerbsquote ist allerdings durch sozioökonomische Merkmale bestimmt, die insbesondere von politischen Entscheidungen abhängen, die von einer nicht quantifizierbaren Unsicherheit über den zukünftigen (wirtschafts-)politischen Kurs und die ökonomische Entwicklung charakterisiert sind. Daher eignen sich Modelle aus der Zeitreihenanalyse nur bedingt für Arbeitsmarktprognosen. Die funktionale Datenanalyse erweist sich aber dennoch als wertvolle Methode, um altersdifferenzierte Datensätze bei mangelhafter Datenlage zu generieren. Auf diese Weise lassen sich die für das Modell aus Abschnitt 3 benötigten altersspezifischen Erwerbsquoten auf Altersjahre glätten. Mit diesen können in Kombination mit unterschiedlichen vorgegebenen Verläufen über die Entwicklung der Erwerbsquote sowie der zugrunde liegenden Bevölkerungsprognose verschiedene Szenarien formuliert werden. Ohne die funktionale Datenanalyse wäre das Modell auf regionaler Ebene somit nicht umsetzbar.

Die Szenarien bilden die Unsicherheit über die Entwicklung der Anzahl der Erwerbspersonen ab. Die nachfolgende Anwendung des Modells basiert auf zwei Szenarien. Im „Status Quo“-Szenario wird

angenommen, dass das Erwerbsverhalten bis 2030 den heutigen Verhältnissen entspricht, während das Szenario „best case“ unterstellt, dass durch zukünftige Reformen und auf Basis der Argumente aus Abschnitt 3.2 die Erwerbsquoten ansteigen und somit das Erwerbspersonenpotential bestmöglich ausgeschöpft wird. Abbildung 3-6 veranschaulicht die auf Altersjahre geglätteten Erwerbsquoten von Männern und Frauen für 2009 sowie deren Entwicklung im „best case“-Szenario für die Jahre 2020 und 2030. Ein „worst case“-Szenario mit abnehmender Erwerbsbeteiligung erscheint nicht plausibel, Börsch-Supan und Wilke (2009: 34) bezeichnen die „Status-Quo“-Entwicklung bereits als zu pessimistisch.

Abbildung 3-6: Erwerbsquoten nach Alter und Geschlecht für die Jahre 2009, 2020 und 2030 (jeweils im „best-case“-Szenario)



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten des Mikrozensus.

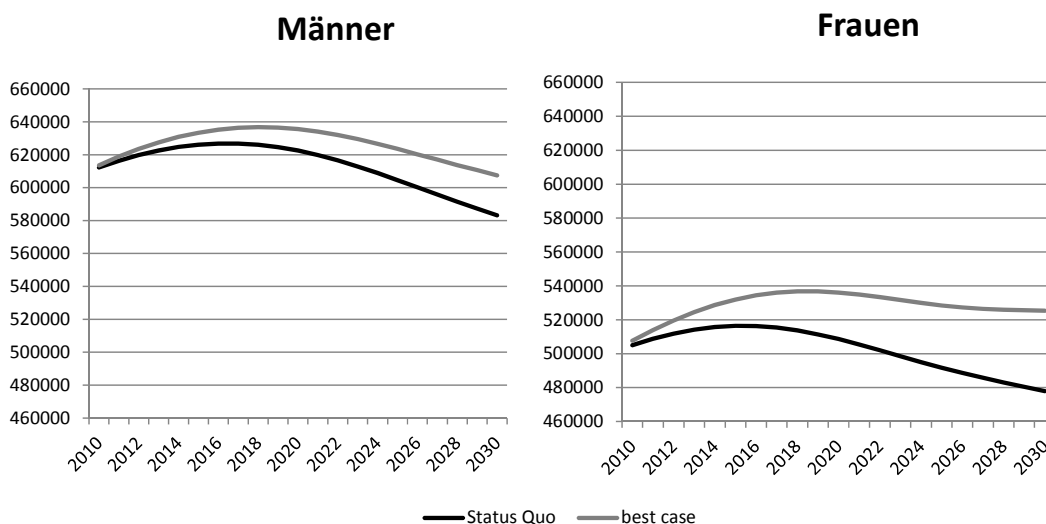
Die Berechnung der Erwerbsquote basiert auf den Variablen „EF29: Erwerbstyp“, „EF30: Bevölkerung am Hauptwohnsitz“, „EF44: Alter“ (in Jahren), „EF46: Geschlecht“, „EF564: Regionale Anpassungsschicht“, „EF952: Standardhochrechnungsfaktor“ des Mikrozensus für das Jahr 2009. Um repräsentative Werte zu bekommen, wurden für die Berechnungen Altersgruppen definiert: [0-14, 15-19, 20-24, ..., 60-64, 65-67, 68 und älter]. Die Erwerbsquoten für diese Altersgruppen berechnen sich aus dem Anteil der Summe der Erwerbstätigen und Erwerbslosen, also der Anzahl der ökonomisch aktiven Männer und Frauen (Variable „EF29“) an der Bevölkerung in den jeweiligen Altersgruppen. Diese Werte werden mit dem Standardhochrechnungsfaktor gewichtet. Dieser gibt an, wie viele Personen der Grundgesamtheit eine befragte Person „vertritt“. Die Werte für die Untersuchungsregion entstehen aus der Aggregation der dem Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar entsprechenden regionalen Anpassungsschichten des Statistischen Bundesamtes. Die Erwerbsquoten beziehen sich auf die

Bevölkerung am Hauptwohnsitz. Mit den Methoden der funktionalen Datenanalyse werden die Daten durch Splines zwischen den mittleren Werten der einzelnen Altersgruppen auf Altersjahre geglättet. Diese Berechnungen erfolgten im Statistikprogramm R (Version 2.15.0) mit dem Zusatzpaket „demograhpy“ (Version 1.12).

3.4.2 Die Entwicklung der Erwerbspersonen in der Metropolregion Rhein-Neckar bis 2030

Die nachfolgenden Ergebnisse resultieren aus der Anwendung des in Kapitel 3 vorgestellten Modells am Fallbeispiel der Metropolregion Rhein-Neckar. Dabei dient die stochastische Bevölkerungsprognose von Deschermeier (2012) als Grundlage (dem ersten Schritt des Modells) für die Vorausberechnung der Anzahl der Erwerbspersonen (Schritt 2 des Modells). Diese Prognose liefert Daten über die demographische Entwicklung differenziert nach Altersjahren und Geschlecht bis in das Jahr 2030. Auf dieser Datengrundlage und den Annahmen über die Entwicklung der Erwerbsquoten berechnet sich die zukünftige Anzahl an Erwerbspersonen.¹⁰

Abbildung 3-7: Entwicklung der männlichen und weiblichen Erwerbspersonen bis 2030 nach Szenarien



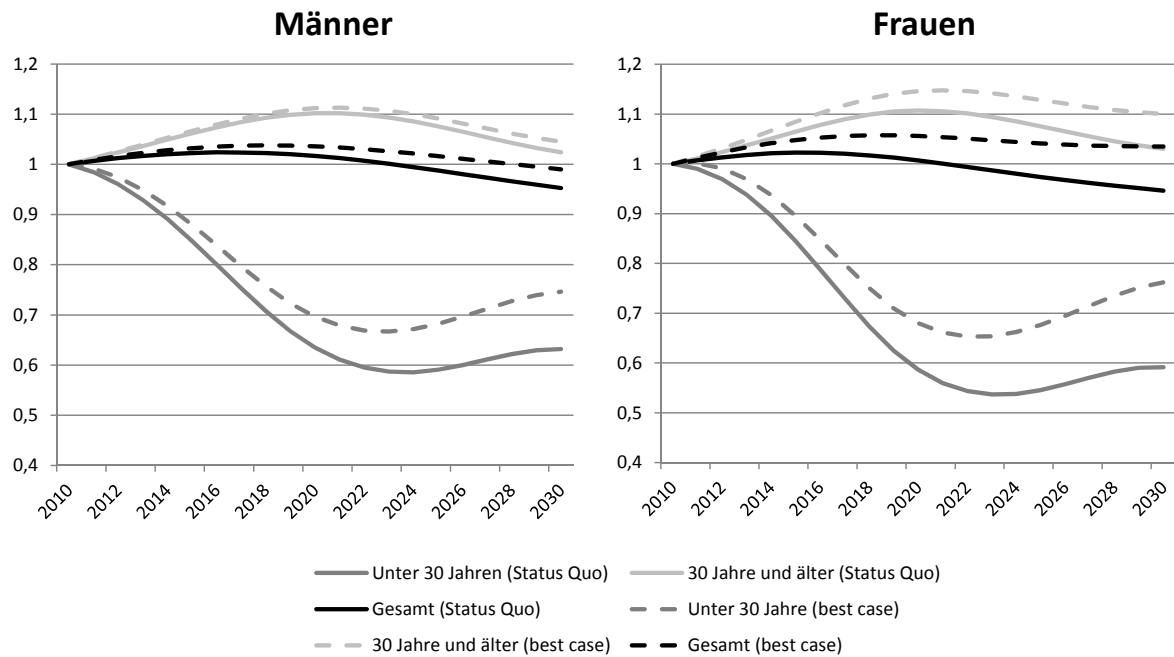
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten des Mikrozensus und Deschermeier (2012).

¹⁰ Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wird nur sehr verkürzt auf die Resultate der Bevölkerungsprognose eingegangen. Der interessierte Leser findet eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse bei Deschermeier (2012).

Abbildung 3-7 stellt die Entwicklung der Erwerbspersonen bis 2030 dar. Die Vorausberechnung beginnt analog zur stochastischen Bevölkerungsprognose von Deschermeier (2012) nach dem Basisjahr 2009. Sowohl für Männer als auch Frauen steigt die Anzahl der Erwerbspersonen in den nächsten Jahren sogar im „Status Quo“-Szenario leicht an. Dies geht auf die in diesem Zeitraum leicht positive Bevölkerungsentwicklung zurück, die insbesondere aus der positiven Nettomigration von Männern und Frauen in die Metropolregion Rhein-Neckar resultiert (Deschermeier, 2012). Das Ausscheiden der „Baby-Boomer“-Generation aus dem Arbeitsmarkt ab 2020 bewirkt dann aber einen „Echo Effekt“ (Bähr et al., 1992: 179), weshalb anschließend selbst in den „best case“-Szenario bei Männern und Frauen die Auswirkungen des Bevölkerungsrückgangs die ansteigende Erwerbsbeteiligung übertreffen. So sinkt die Anzahl der männlichen Erwerbspersonen im „Status Quo“-Szenario bis 2030 auf 583.186, was einem Rückgang von 4,7% entspricht und im „best case“-Szenario auf 607.460 (-1,0%). Die Anzahl der weiblichen Erwerbstätigen steigt bei günstiger Entwicklung zwischen 2010 und 2030 sogar auf 525.939 (+3,5%) leicht an. Dies geht auf die hohe positive Nettomigration der Frauen (Deschermeier, 2012) und der Angleichung der Erwerbsbeteiligung auf das Niveau der Männer zurück. Im „Status Quo“-Szenario sinkt die Zahl der weiblichen Erwerbspersonen auf 477.871 (-5,4%). Jedoch fällt der Rückgang bis 2030 erheblich moderater als auf nationaler Ebene aus. So gehen Börsch-Supan und Wilke (2009) in einem mittleren Szenario von einem Rückgang von 12 Prozent bis 2030 für die Bundesrepublik aus. Absolut betrachtet trifft der demographische Wandel den Arbeitsmarkt der Metropolregion Rhein-Neckar auf den ersten Blick somit nicht besonders hart.

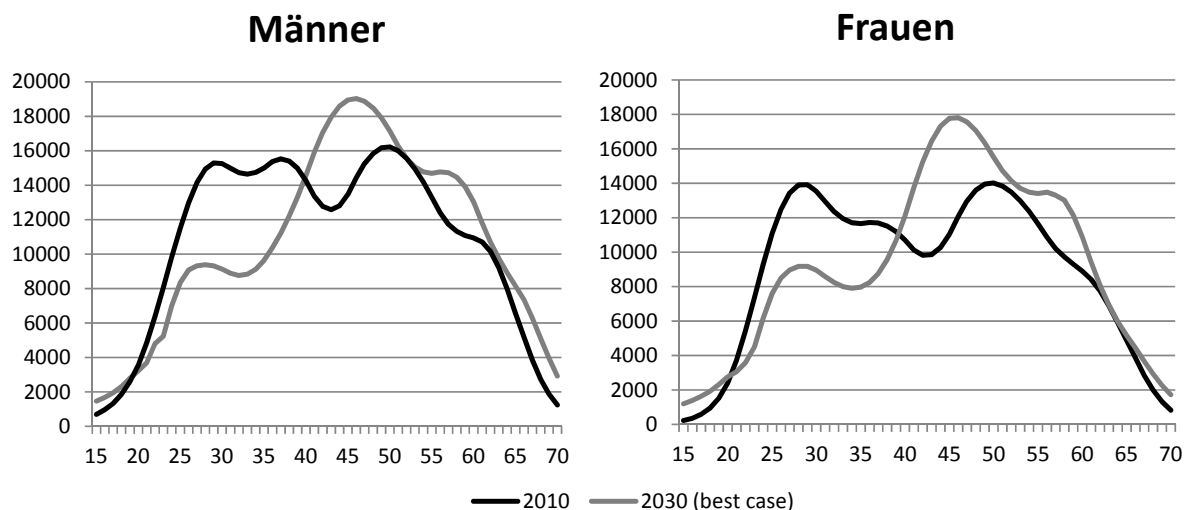
Jedoch verdeutlicht Abbildung 3-8, dass sich das Verhältnis zwischen jungen und älteren Erwerbspersonen verschiebt. So fällt die Anzahl der weiblichen Erwerbspersonen unter 30 Jahren deutlich um 40,8% auf 57.478 (Männer: -36,8% auf 70.399) im „Status Quo“-Szenario und um 23,8% auf 74.905 (Männer: -25,4% auf 83.759) im „best case“-Szenario. Dementgegen steht trotz des absoluten Bevölkerungsrückgangs sogar eine leichte Steigerung der Anzahl der ab 30-jährigen Erwerbspersonen bei den Männern (+4,5% auf 523.702) und Frauen (+10,5% auf 450.489) im „best-case“-Szenario („Status Quo“-Szenario: +2,4% auf 512.786 und +3,1% auf 420.393). Dies verdeutlicht die Notwendigkeit junge und gut ausgebildete Menschen nach dem Studium oder der Ausbildung in der Region zu halten beziehungsweise sie in die Region zu locken und dadurch den Rückgang der unter 30-Jährigen zu verlangsamen. Außerdem verdeutlichen die Ergebnisse des „best case“-Szenarios inwieweit der demographische Druck auf den Arbeitsmarkt zumindest abgefedert werden kann, falls insbesondere das weibliche Erwerbspersonenpotential bestmöglich ausgeschöpft wird.

Abbildung 3-8: Entwicklung der Anzahl Erwerbspersonen nach Altersgruppen bis 2030 nach Szenarien (normiert zum Basisjahr 2010)



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten des Mikrozensus und Deschermeier (2012).

Abbildung 3-9: Altersverteilung der männlichen und weiblichen Erwerbspersonen für 2010 und 2030 (im „best case“-Szenario)

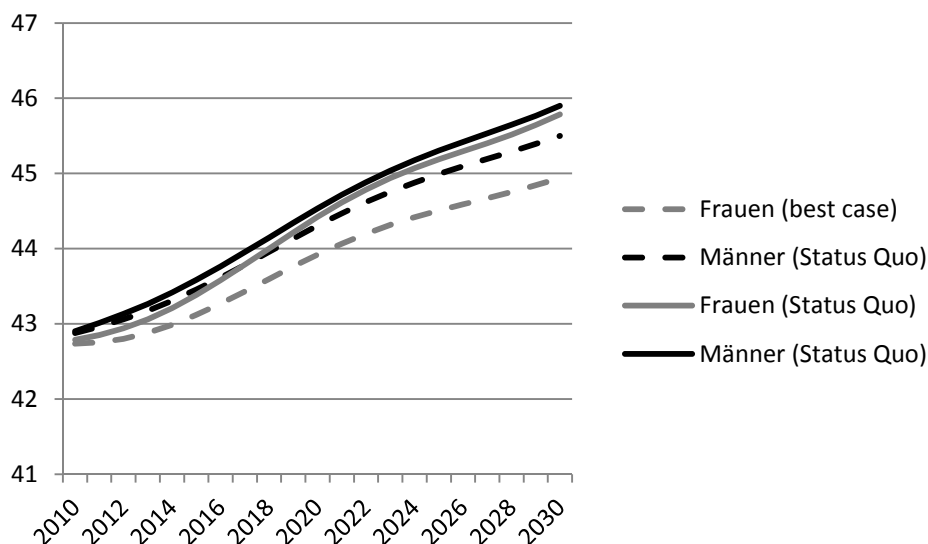


Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten des Mikrozensus und Deschermeier (2012).

Darüber hinaus steigt bis 2030 die Anzahl der männlichen und weiblichen Erwerbspersonen zwischen 40 und 60 Jahren über das Niveau von 2010 (Abbildung 3-9) und insbesondere die Altersgruppe der

40- bis unter 50-Jährigen stellen die stärkste Kohorte mit eindeutigen Hochpunkten bei etwa 47 Jahren. Dagegen verlaufen die altersspezifischen Kurven der Altersspanne ab 20 und unter 40 Jahren unter denen von 2010. Die Alterung der Gesellschaft und das ansteigende Renteneintrittsalter im „best case“-Szenario führen zu einem Anstieg der über 60-jährigen Erwerbspersonen. Die Alterung zeigt sich auch in einem konstanten Anstieg des durchschnittlichen Alters der Erwerbspersonen (Abbildung 3-10): im „Status Quo“-Szenario bei Männern von 42,88 Jahren in 2010 auf 45,90 Jahre in 2030 und bei Frauen von 42,78 Jahren auf 45,79 Jahre. Im „best case“-Szenario verläuft die Alterung durch das sinkende Berufseintrittsalter weniger rasant, so steigt der Wert bei den Männern auf 44,60 Jahre und auf 44,93 Jahren bei den Frauen. Sowohl die höhere weibliche Nettomigration als auch die ansteigende Erwerbsbeteiligung von jungen Frauen bewirkt, dass das Durchschnittsalter im „best case“-Szenario der Frauen deutlich langsamer zunimmt als das der Männer. Im „Status Quo“-Szenario entwickeln sich die Werte der Männer und Frauen in etwa gleich. Somit müssen sich die Unternehmen auf ältere Belegschaften einstellen. In der Diskussion, ob die Produktivität im Alter sinkt argumentiert Bellmann (2003), dass Ältere „nicht weniger, sondern anders leistungsfähig als Jüngere“ (Bellmann et al. 2003: 30) sind. Gans (2011: 110) verweist hierbei beispielsweise auf altersgemischte Teams als Lösungsansatz zur Optimierung der Leistungspotentiale.

Abbildung 3-10: Durchschnittsalter der männlichen und weiblichen Erwerbspersonen von 2010 bis 2030 nach Szenarien

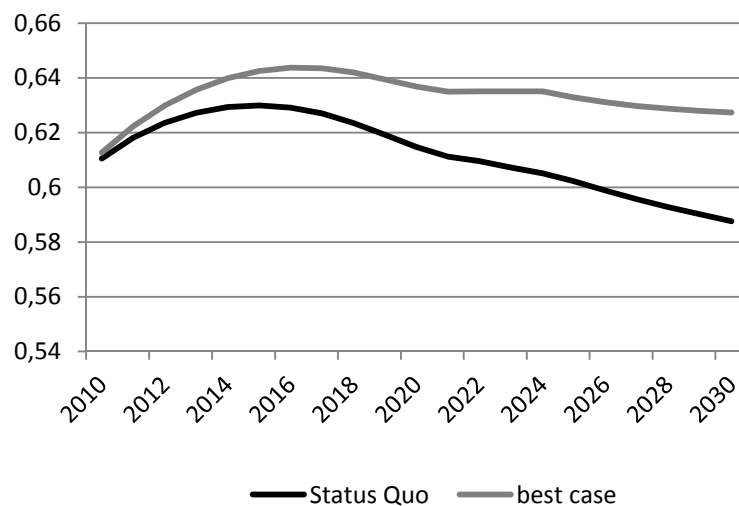


Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten des Mikrozensus und Deschermeier (2012).

Der Rückgang der Anzahl der Erwerbspersonen nach 2020 verdeutlicht eine Herausforderung des demographischen Wandels: Gelingt es nicht das vorhandene Erwerbspersonenpotential besser aus-

zuschöpfen, wird der aktuelle Lebensstandard nur durch enorme Produktivitätssteigerungen zu halten sein (Börsch-Supan, 2002: 8). Die potentielle Stützquote (Abbildung 3-11) liefert deshalb Anhaltspunkte über die ökonomischen Konsequenzen des demographischen Wandels für den Arbeitsmarkt der Metropolregion Rhein-Neckar und ist definiert als Quotient aus der Anzahl der Erwerbspersonen an der Bevölkerung ab 15 Jahren. Sie misst somit Verhältnis der ökonomisch aktiven Menschen des Wirtschaftsraumes an den potentiellen Konsumenten. Durch die im nationalen Vergleich überdurchschnittlich hohe Erwerbsbeteiligung wirken der Bevölkerungsrückgang und die Alterung der Bevölkerung weniger stark auf die potentielle Stützquote. Im „best case“-Szenario bleibt das Verhältnis in etwa gleich, während der Wert im „Status Quo“-Szenario leicht zurückgeht. Jedoch zeigt der Rückgang nach 2015 die Notwendigkeit zu Produktivitätssteigerungen in der Produktion auf, um den Lebensstandard langfristig zumindest konstant zu halten.

Abbildung 3-11: Entwicklung der potentiellen Stützquote bis 2030 nach Szenarien



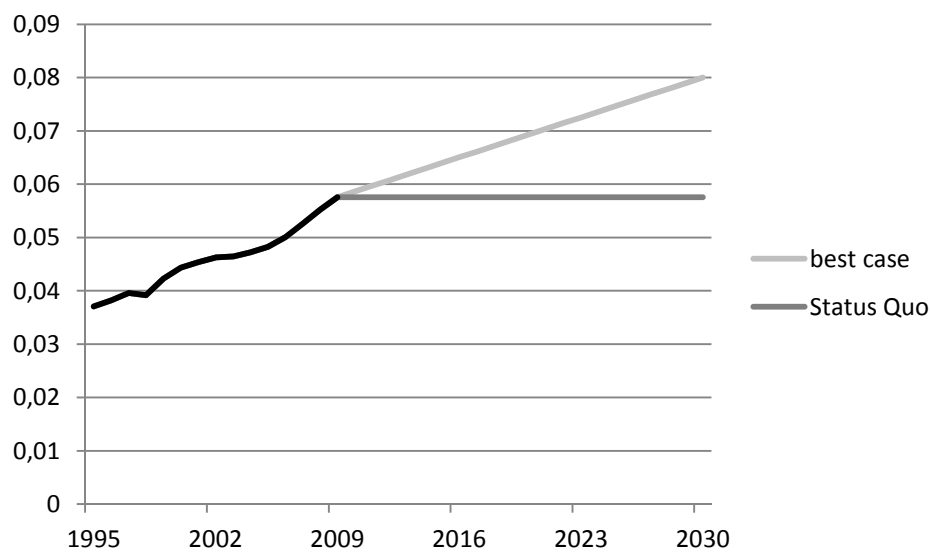
Quelle: Eigene Berechnung.

3.4.3 Die Entwicklung der Hochqualifizierten in der Metropolregion Rhein-Neckar bis 2030

Die Anzahl der Hochqualifizierten berechnet sich aus dem Produkt der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter mit der Quote hochqualifizierter Beschäftigter. Die Werte für die Quote für den Zeitraum von 1995 bis 2009 entstammen der INKAR-Datenbank des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raum-

forschung von 2011 (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2011).¹¹ Sie berechnet sich aus dem Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit hoher Qualifikation an der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter. Beamte und Selbstständige sind somit nicht in den Daten enthalten. Als Hochqualifizierte gelten Menschen mit einem der folgenden Berufsausbildungen: Abschluss an einer höheren Fachschule, Fachhochschule, Hochschule oder Universität (Deschermeier und Müller, 2012: 13). Hohe Werte der Quote gelten als Indikator für eine Region mit vergleichsweise hoher Arbeitsplatzsicherheit (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2011).

Abbildung 3-12: Entwicklung der Quote hochqualifizierter Beschäftigter bis 2030 nach Szenarien



Quelle: Eigene Berechnung.

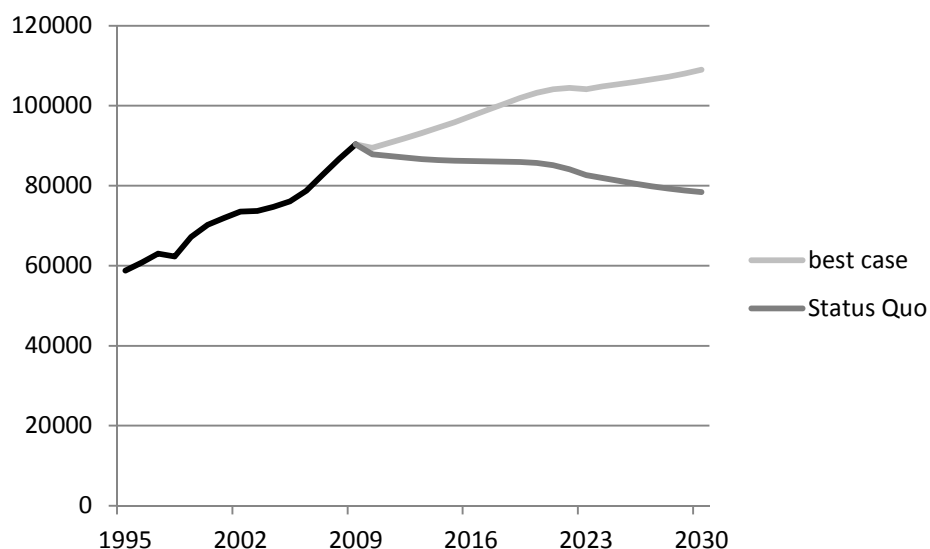
Die Zeitreihe ist allerdings zu kurz für eine Modellierung durch einen Ansatz aus der Zeitreihenanalyse. Deshalb werden für die Vorausberechnung bis 2030 analog zum Vorgehen in Abschnitt 4.2 zwei Szenarien formuliert. Im „Status Quo“-Szenario bleiben die aktuellen Werte der Quote hochqualifizierter Beschäftigter in den nächsten 20 Jahren konstant. Das „best case“-Szenario geht davon aus, dass der positive Trend seit Mitte der 1990er Bestand hat und die Quote bis 2030 auf 8 Prozent ansteigt. Diese Annahme erscheint plausibel, da die voranschreitende Tertiarisierung eine Erhöhung der Nachfrage nach Hochqualifizierten bedingt (Meißner und Becker, 2007). Die beiden Erfolge beim Spitzencluster-Wettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (Metropolregion

¹¹ Die verwendeten Quoten beinhalten keine Beamte und Selbstständige. Da in diesen Gruppen jedoch überproportional höhere Bildungsabschlüsse auftreten, weisen die Werte der INKAR-Daten somit relativ niedrige Ausprägungen auf. Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich somit auf Hochqualifizierte als Teilmenge der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten.

Rhein-Neckar, 2019: 13) und der Betonung der MRN als Wissenschaftsstandort (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011: 6) tragen zur wirtschaftlichen Entwicklung der Region bei und schaffen zukünftig vermehrt Arbeitsplätze für Hochqualifizierte. Darüber hinaus erfordern die Konsequenzen des demographischen Wandels auf den Arbeitsmarkt eine Steigerung der Produktivität (Börsch-Supan, 2002: 9 und 13). Diese erfordert unter anderem mehr Humankapital, um den gegenwärtigen Lebensstandard zu halten. Die Szenarien bilden somit die Bandbreite der plausiblen zukünftigen Verläufe ab. Abbildung 3-12 verdeutlicht die Entwicklung bis 2030 nach Szenarien.

Die besondere Bedeutung der Hochqualifizierten spiegelt der von der Metropolregion GmbH formulierte strategische Dreiklang aus „Wirtschaft, Wissenschaft und Lebensqualität“ wider (Metropolregion Rhein-Neckar, 2009: 4). Durch den drohenden Fachkräftemangel können Hochqualifizierte vermehrt auch nicht ökonomische Präferenzen bei der Arbeitsplatzwahl durchsetzen (v. Einem, 2009: 60). Das Paradigma „people follow jobs“ hat sich inzwischen zu „jobs follow people“ gewandelt (Florida, 2004). Diese Entwicklung haben die Akteure der Metropolregion erkannt und bewerben die hohe Lebensqualität der Region und die damit verbundene (Wohn-) Standortattraktivität (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011: 6 und 10). Aus diesem Grund erscheint es plausibel anzunehmen, dass die Regionalplanung entsprechende Maßnahmen auf den Weg bringen wird, um vermehrt Hochqualifizierte für die Metropolregion zu gewinnen. Das „best case“-Szenario geht deshalb davon aus, dass der Trend seit Mitte der 1990er Jahre anhält.

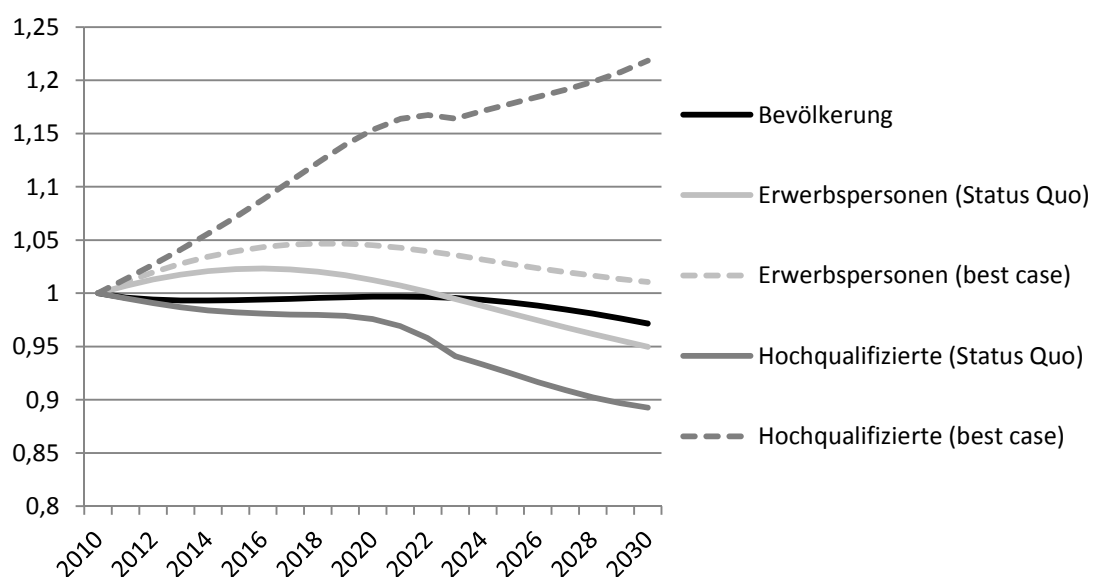
Abbildung 3-13: Entwicklung der Hochqualifizierten bis 2030 nach Szenarien



Quelle: Eigene Berechnung.

Die Entwicklung von 1995 bis 2009 zeigt einen positiven Trend (Abbildung 3-13). So stieg die Anzahl der Hochqualifizierten auf 90.332 (+53,7% seit 1995). Dieser rasante Anstieg geht sowohl auf die angestiegene Quote Hochqualifizierter, aber insbesondere auf die Ernennung der Rhein-Neckar Region zur „Europäischen Metropolregion“ und der vorangegangenen positiven Wirtschaftsentwicklung zurück. Durch den Doppelerfolg der MRN 2007 beim Spitzencluster-Wettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (Metropolregion Rhein-Neckar, 2019: 13) stieg die Anzahl der Hochqualifizierten weiter an. Auch die positive Bevölkerungsentwicklung und Nettomigration dieser Zeit wirkten verstärkend auf den Anstieg. Jedoch führt der auf nationaler Ebene und für viele europäische Länder prognostizierte Bevölkerungsrückgang in den nächsten Jahren zu einem „Kampf“ um die jungen und gut ausgebildeten Arbeitskräfte auf regionaler Ebene (Deschermeier und Müller: 24). Das „best case“-Szenario geht von einer erfolgreichen Regionalentwicklung aus, die zu einem weiteren Anstieg der Quote hochqualifizierter Beschäftigter trotz der Abnahme und Alterung der Bevölkerung führt. So steigt die Anzahl an Hochqualifizierten bis 2030 auf 109.009 (+20,7%). Das „Status Quo“-Szenario verdeutlicht dagegen die Notwendigkeit für Maßnahmen für die Regionalentwicklung, denn die Anzahl an Hochqualifizierten sinkt auf 78.411. Dies entspricht einem Rückgang von 13,2%. Da sich die demographische Entwicklung nur schwer beeinflussen lässt, zeigt dieser Schwankungsbereich der Ergebnisse das Potential, aber auch die Notwendigkeit über erfolgreiche Maßnahmen der Regionalentwicklung die Entwicklung des regionalen Arbeitskräfteangebotes zu beeinflussen.

Abbildung 3-14: Entwicklung der Bevölkerung, der Erwerbspersonen und der Hochqualifizierten bis 2030 zum Basisjahr 2010



Quelle: Eigene Berechnung.

Abbildung 3-14 fasst die zentralen Ergebnisse durch Darstellung der Entwicklung der Bevölkerung, der Erwerbspersonen und der Hochqualifizierten bis 2030 (normiert auf das Basisjahr 2010) und für die einzelnen Szenarien zusammen. Der Bevölkerungsrückgang fällt anders als in vielen deutschen Regionen sehr moderat aus und beginnt erst nach 2020. Dementgegen steht jedoch ein deutlicher Rückgang der Erwerbspersonen und der Hochqualifizierten im „Status Quo“-Szenario. Diese Entwicklung ist jedoch beeinflussbar, woraus sich Handlungsbedarf für die regionalen Akteure ableitet. Denn auf Basis der Annahmen für eine günstige Entwicklung steigt die Anzahl der Erwerbspersonen und der Hochqualifizierten an. Der Wirtschaftsraum der Metropolregion Rhein-Neckar hat somit das Potential auch trotz des demographischen Wandels langfristig zu wachsen.

3.5 Schlussfolgerungen

Der vorliegende Beitrag liefert ein zweistufiges Modell zur Vorausberechnung der Erwerbspersonen am Beispiel der Metropolregion Rhein-Neckar bis 2030. Den ersten Schritt bildet eine Bevölkerungsprognose. Die amtliche Statistik nutzt hierfür häufig deterministische „wenn... dann“-Modelle in Kombination mit der Szenariotechnik. Dieses Vorgehen weist jedoch methodische Schwächen auf (Keilman et al., 2002). Dagegen liefern stochastische Ansätze aussagekräftigere Ergebnisse. Von den verschiedenen methodischen Alternativen eignen sich besonders Ansätze aus der Zeitreihenanalyse für eine Modellierung der regionalen Ebene. Ein Teilergebnis der Bevölkerungsprognose ist die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter. Diese Daten bilden die Grundlage für den zweiten Schritt des Modells: Aus dem Produkt mit den Erwerbsquoten einer Periode resultiert die Anzahl der Erwerbspersonen differenziert nach Alter und Geschlecht. Aufgrund fehlender Zeitreihen für die Erwerbsquoten kann die Modellierung nur über konstruierte Szenarien erfolgen, die die Bandbreite der möglichen Entwicklung abbilden. Der Beitrag nutzt die Ergebnisse der stochastischen Bevölkerungsprognose von Deschermeier (2012) als Datenbasis für den zweiten Schritt des Modells.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswirkungen des demographischen Wandels in der Metropolregion Rhein-Neckar weniger dramatisch ausfallen als auf Bundesebene und erst ab 2020 spürbar werden. So nimmt die Bevölkerung bis 2030 nur geringfügig ab. Wenn es gelingt das Erwerbspersonenpotential in den nächsten Jahren besser auszuschöpfen als es gegenwärtig der Fall ist, ist sogar ein leichter Anstieg der Erwerbspersonen möglich. Dafür muss sich allerdings das Erwerbsverhalten der Menschen verändern. Die Ansatzpunkte zur Entwicklung geeigneter Maßnahmen bilden dabei die drei im Modell genutzten Determinanten der Erwerbsquote: das Berufs- und Renteneintrittsalter bestimmen

die Lebensarbeitszeit während die Erwerbstätigkeit von Frauen die dritte Quelle zur besseren Ausschöpfung des Erwerbspotentials darstellt.

Die regionalen Akteure der MRN haben zur Steigerung der Erwerbsquoten bereits erste Schritte in die Wege geleitet, die es konsequent weiterzuführen und auszubauen gilt. Eine höhere Lebensarbeitszeit kann durch ein niedrigeres Berufseintrittsalter realisiert werden. Durch die G8-Reform¹² und die Einführung des Bachelor-Abschlusses haben mehr junge Menschen in der MRN früher die Möglichkeit ein Studium oder Ausbildung zu beginnen und abzuschließen. Eine höhere Erwerbsbeteiligung junger Menschen erfordert allerdings eine breite Akzeptanz und Nachfrage der Unternehmen nach Absolventen mit dem neuen Abschluss. Darüber hinaus gilt es junge Menschen besser auf den Arbeitsmarkt vorzubereiten. Hierfür hat die MRN das Pilotprojekt „kooperatives Übergangsmanagement Schule-Beruf (KÜM)“ initiiert, das versucht Hauptschüler ab der siebten Klasse durch „konsequente individuelle Betreuung und zielgerichtete Unterstützung kontinuierlich zur Ausbildungs- und Berufsreife zu führen“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2009: 6). Ähnliche Maßnahmen an allen allgemeinbildenden Schulen sind wünschenswert.

Auch ein Anstieg des Renteneintrittsalters vergrößert die Lebensarbeitszeit. Um dies zu erreichen müssen sich die Unternehmen allerdings auf alternde Belegschaften einstellen. Da Humankapital Abschreibungen unterliegt (Ludwig und Pfeiffer, 2006; Franz, 2003: 82) müssen die Erwerbstätigen einem Prozess des berufsbegleitenden und lebenslangen Lernens eingebunden werden. Die erforderlichen Planungen der Unternehmen sind am effizientesten gemeinsam in einem Netzwerk wie dem „vitalen Arbeitsmarkt“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2009: 18; Metropolregion Rhein-Neckar, 2011: 10) zu realisieren. Die Angebote müssen sich an alle Altersgruppen richten. Gans (2011: 109-111) diskutiert weitere Lösungskonzepte mit Fokus auf das Personalmanagement und Organisationsstruktur der Unternehmen.

Die Ergebnisse der Vorausberechnung zeigen, dass die Erhöhung der weiblichen Erwerbsbeteiligung und die Angleichung der Erwerbsquoten an das Niveau der Männer das größte Potential darstellen, die Konsequenzen der demographischen Entwicklung auf das Arbeitskräfteangebot nach 2020 abzumildern. Um dies zu erreichen müssen die regionalen Akteure gute Bedingungen zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf schaffen (Börsch-Supan und Wilke, 2009: 43). Hierzu bietet die Region bereits heute sowohl im Rahmen des Forums für „Vereinbarkeit von Familie und Beruf“ und durch ein Pilotprojekt zur wohnortunabhängigen Kindergartenwahl in Teilen der MRN zukunftsorientierte Maßnahmen an (Metropolregion Rhein-Neckar, 2009: 20). Diese Arbeit muss konsequent fortgesetzt werden, denn dieses Themenfeld bildet einen entscheidenden Standort- und Wachstumsfaktor in

¹² Das Abitur nach 12 Jahren wird derzeit nur an Schulen in Baden-Württemberg und Hessen, nicht aber in Rheinland-Pfalz abgelegt.

den kommenden Jahren. Darüber hinaus müssen die regionalen Akteure Konzepte entwickeln, etwa um den Wiedereinstieg nach einer familienbedingten Berufsunterbrechung zu erleichtern (Niedersächsischer Landtag, 2007: 177). Auch eine stärkere Fokussierung auf die Gleichstellung von Frauen und Männern in den Unternehmen, insbesondere beim Entgelt, setzen Anreize zu einer Ausweitung der Erwerbsbeteiligung von Frauen.

Neben der sich abzeichnenden Entwicklung der Bevölkerung und der Anzahl der Erwerbspersonen verschiebt sich die Altersstruktur deutlich in die oberen Altersklassen und das Durchschnittsalter der Erwerbspersonen steigt an. Die berechneten Szenarien zeigen die Ober- und Untergrenze der möglichen Entwicklung auf. So droht insbesondere bei jungen Menschen aufgrund der demographischen Entwicklung und dem Ausscheiden der geburtenstarken Jahrgänge ab 2020 ein Fachkräftemangel. Deshalb versucht die MRN gegenwärtig durch das Netzwerk „Internationale Fach- und Führungskräfte“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011: 11) Hochqualifizierte aus dem Ausland zu gewinnen. Darüber hinaus muss ein Abwandern von Studenten und Facharbeitern nach dem Studium beziehungsweise der Ausbildung verhindert werden. Hochqualifizierte können auch nicht ökonomische Präferenzen bei der Arbeitsplatzwahl realisieren (v. Einem, 2009), denn aus dem Paradigma „people follow jobs“ wurde „jobs follow people“ (Florida, 2004) und Hochqualifizierte stellen eine strategische Ressource der Regionalentwicklung dar (Müller, 2012). Deschermeier und Müller (2012) haben für die Metropolregion Rhein-Neckar gezeigt, dass ein regionaler Arbeitsmarkt neben attraktiven Arbeitsplätzen auch eine hohe Lebensqualität aufweisen muss, um junge Menschen nach der Ausbildung oder dem Studium in der Region zu halten beziehungsweise sie als Erwerbstätige für den regionalen Arbeitsmarkt zu gewinnen. Der Fokus auf das strategische Themenfeld „Lebensqualität“ (Lowack, 2007) muss entsprechend ausgebaut werden.

Die regionalen Akteure müssen somit sowohl die qualitativen als auch die quantitativen Komponenten der Entwicklung des Arbeitskräfteangebotes bei Erschließung des Erwerbspersonenpotentials und der damit verbunden Erarbeitung von geeigneten Maßnahmen berücksichtigen. Nur dann wird es in der Metropolregion einen „vitalen Arbeitsmarkt“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011: 10) geben, der zur Erreichung des Ziels, „bis 2025 als eine der attraktivsten und wettbewerbsfähigsten Regionen in Europa bekannt und anerkannt“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011: 4) zu sein, entscheidend beiträgt. Da der Fokus dieses Beitrags auf der Entwicklung und Anwendung des Modells liegt, sind die umfassenden Implikationen der Ergebnisse für die Regionalentwicklung Gegenstand eines zukünftigen Beitrags. Zukünftiger Forschungsbedarf besteht darüber hinaus in der Modellierung der Erwerbsquoten. Diese können mit den Methoden der funktionalen Datenanalyse und darauf aufbauenden Zeitreihenmodellen auf die Zukunft übertragen werden. Somit könnte auch die Anzahl der Erwerbspersonen stochastisch prognostiziert werden. Jedoch sind die erforderlichen Daten auf regi-

onaler Ebene nur schwer zu erheben. Außerdem erfordern differenzierte Maßnahmen neben Informationen über die Entwicklung der Erwerbspersonen auch die Kenntnis über die Anzahl der Erwerbstätigen als Maß für die realisierte Arbeitsnachfrage (Niedersächsischer Landtag, 2007: 133). Eine entsprechende Vorausberechnung ist somit dringend erforderlich.

3.6 Literaturangaben zu Kapitel 3

Allmendinger, J.; Ebner, C. (2005): Demografischer Wandel - Chancengleichheit für Frauen auf dem Arbeitsmarkt - was ist zu tun? In: Hessen, Sozialministerium (Hg.): Demografischer Wandel - Herausforderung und Chance für den Arbeitsmarkt. ESF Kongress Hessen 2005, Wiesbaden.

Arntz, M. (2009): What Attracts Human Capital? Understanding the Skill Composition of Interregional Job Matches in Germany. In: *Regional Studies* 44,4: 423-441.

Bähr, J.; Jentsch, C.; Kuls, W. (1992): *Bevölkerungsgeographie*. Berlin.

Bellmann, L.; Kistler, E.; Wahse, J. (2003): Betriebliche Sicht- und Verhaltensweisen gegenüber älteren Arbeitnehmern. In: *Aus Politik und Zeitgeschehen* 20: 26-34.

Becker, G. (1975): *Human capital. A Theoretical and Empirical Analysis, with special Reference to Education*. New York.

Becker, G. (1981): *A treatise on the family*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Birg, H. (2005): Grundkurs Demographie – Dritte Lektion: Was taugen Prognosen? In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* 46, 24.02.2005: 41.

Börsch-Supan, A. (2002): Labor market effects of population aging. MEA Discussion Paper 11, Mannheim.

Börsch-Supan, A. (2004): Gesamtwirtschaftliche Folgen des demographischen Wandels. MEA Discussion Paper 51, Mannheim.

Börsch-Supan, A.; Wilke, C. B. (2009): Zur mittel- und langfristigen Entwicklung der Erwerbstätigkeit in Deutschland. In: *Zeitschrift für Arbeitsmarktforschung (ZAF)* 42,1: 29-48.

Buch, T.; Hamann, S.; Niebuhr, A. (2010): Der Wettbewerb um kluge Köpfe nimmt zu. In: *IAB Kurzbericht* 16/2010.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2011): *INKAR – Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung*. Version 2011: Statistische Ämter des Bundes und der Länder.

Deschermeier, P. (2012): Die Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar. Eine stochastische Bevölkerungsprognose auf Basis des Paradigmas funktionaler Daten. In: *Comperative Population Studies* (in Vorbereitung).

Deschermeier, P.; Müller, E. M. (2012): Analyse der Wohn- und Arbeitsortverteilung von Hochqualifizierten in der Metropolregion Rhein-Neckar. University of Mannheim / Department of Economics: Econ Discussion Paper 12/09.

Einem, E. von (2009): Wissensabsorption - die Stadt als Magnet. In: *disP - The Planning Review* 177,2: 48-69.

Elhorst, J. P. (1995): Regional Labour Market Research on Participation Rates. In: *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 87,3: 209-221.

- Erbas, B.; Hyndman, R.; Gertig, D. (2007): Forecasting age-specific breast cancer mortality using functional data models. In: *Statistics in Medicine* 26,2: 458–470.
- Florida, R. (2004): *The Rise of the Creative Class – and how it's transforming work, leisure, community, and everyday life*. New York.
- Franz, W. (2003): *Arbeitsmarktökonomik*. Berlin.
- Gans, P. (2011): *Bevölkerung – Entwicklung und Demographie unserer Gesellschaft*. Darmstadt.
- Goldstein, J.; Sobotka, T.; Jasilioniene, A. (2009): The End of “Lowest-Low”-Fertility? MPIDR Working Paper, WP-2009-029.
- Hyndman, R.; Ullah, S. (2007): Robust forecasting of mortality and fertility rates: a functional data approach. In: *Computational Statistics & Data Analysis* 51: 4942–4956.
- Hyndman, R.; Booth, H. (2008): Stochastic population forecasts using functional data models for mortality, fertility and migration. In: *International Journal of Forecasting* 24,3: 323–342.
- Keilman, N.; Pham, D. Q.; Hetland, A. (2002): Why population forecasts should be probabilistic - Illustrated by the case of Norway. In: *Demographic Research* 6: 409–453.
- Keyfitz, N. (1981): The Limits of Population Forecasting. In: *Population and Development Review* 7,4: 579–593.
- Lee, R.; Carter, L. (1992): Modeling and forecasting US mortality. In: *Journal of the American Statistical Association* 87,419: 659–671.
- Lee, R.; Tuljapurkar, S. (1994): Stochastic Forecasts for the United States: Beyond High, Medium, and Low. In: *Journal of American Statistical Association* 89,428: 1175–1189.
- Lee, R. (1999): Probabilistic approaches to population forecasting. In: Lutz, W., Vaupel, J. und Ahlburg, D. (Hg.): *Frontiers of population forecasting. A supplement to Population and Development Review* 24: 156–190.
- Lipps, O.; Betz, F. 2003: *Stochastische Bevölkerungsprognose für West- und Ostdeutschland*. MEA Discussion Paper 41, Mannheim.
- Lipps, O.; Betz, F. 2004: *Stochastic Population Projection for Germany – based on the Quadratic Spline approach to modelling age specific fertility rates*. MEA Discussion Paper 59, Mannheim.
- Lowack, W.-R. (2007): Die Europäische Metropolregion Rhein-Neckar – Auftrag, Vision und Umsetzung. In: *uwf* 15: 130–135.
- Lucas, R. A., Jr. (1988): On the Mechanics of Economic Development. In: *Journal of Monetary Economics* 22,1: 3–42.
- Ludwig, V.; Pfeiffer, F. (2006), Abschreibungsraten allgemeiner und beruflicher Ausbildungsinhalte. Empirische Evidenz auf Basis subjektiver Einschätzungen, *Journal of Economics and Statistics* 226,3: 260–284.

Lutz, W.; Sanderson, W.; Scherbov, S. (1996): World population scenarios for the 21st century. In Lutz, Wolfgang (Hg.): The future population of the world: What can we assume today? London: 361-396.

Lutz, W.; Sanderson, W.; Scherbov, S. (1998a): Expert-based probabilistic population projections. In: Population and Development Review 24, Supplement: Frontiers of Population Forecasting: 139-155.

Lutz, W.; Sanderson, W.; Scherbov, S. (1998b): An expert-based framework for probabilistic national population projections: The example of Austria. In: European Journal of Population 14: 1-17.

Meißner, A.; Becker, F.G. (2007): Competition for Talents. In: WiSt 8: 394-399.

Metropolregion Rhein-Neckar (2009): Leben in Bewegung: Das Jahr 2008. Gemeinschaftliche Regionalentwicklung in der Metropolregion Rhein-Neckar. Mannheim.

Metropolregion Rhein-Neckar (2011): Seit fünf Jahren im Aufwind! Leben in Bewegung: Das Jahr 2010. Gemeinschaftliche Regionalentwicklung in der Metropolregion Rhein-Neckar. URL: http://www.m-r-n.com/fileadmin/PDF-Downloads/MRN_Jahresbericht_2010_01.pdf, zuletzt abgerufen am 18.8.2012.

Michaels, E.; Handfield-Jones, H.; Axelrod, B. (2006): The War For Talent. Boston.

Müller, E.M. (2012): Ressourcenausstattung als strategischer Erfolgsfaktor der Regionalentwicklung - Eine Analyse am Beispiel der Europäischen Metropolregion Rhein-Neckar. Köln.

Niedersächsischer Landtag (2007): Bericht der Enquete-Kommission „Demografischer Wandel - Herausforderung an ein zukunftsfähiges Niedersachsen“. 15. Wahlperiode. Hannover.

Noback, I. (2011): Regional labour market dynamics and the gender employment gap. Dissertation Rijksuniversiteit Groningen. URL: <http://dissertations.ub.rug.nl/faculties/rw/2011/i.noback-hesseling/>, zuletzt abgerufen am 18.8.2012.

Pencavel, J. (1986): Labor Supply of Men: A Survey. In: Ashenfelter & Layard, R. (Hg.): Handbook of Labor Economics. Amsterdam: 3-102.

Ramsay, J.O.; Silverman, B.W. (2005): Functional Data Analysis. New York.

Romer, P. M. (1990): Endogenous Technological Change. In: Journal of Political Economy 98,5: 71-102.

Spinnen, B. (2011): Mit Wissen erfolgreich im Standortwettbewerb. In: Lisowski, R. et al.: Wissensbasierte Stadtentwicklung : 16 Beispiele aus der Praxis. Essen: 138-141.

Statistisches Bundesamt (2009): 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung - Annahmen und Ergebnisse. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2011): Modell der Bevölkerungsvorausberechnungen. Wiesbaden.

Stoto, M. (1983): The accuracy of population projections. In: Journal of the American Statistical Association 78: 13-20.

Wood, S. (1994): Obtaining Birth and Mortality Patterns From Structured Population Trajectories. In: Ecological Monographs 64,1: 23-44.

4 Analyse der Wohn- und Arbeitsortverteilung von Hochqualifizierten in der Metropolregion Rhein-Neckar

4.1 Einleitung

Unternehmen und Regionen werden in den kommenden Jahrzehnten verstärkt durch den demographischen Wandel betroffen sein, der eine „umfassende[n] Veränderung der Bevölkerungsstruktur und der Zahl der Einwohner“ (Schmitz-Veltin, 2009, S. 15) bewirkt. Auch wenn die Bevölkerung absolut nur geringfügig sinken wird (Statistisches Bundesamt, 2009), ist gerade für die Anzahl der Personen im erwerbsfähigen Alter ein starker Rückgang zu erwarten (Börsch-Supan und Wilke, 2009). Hinzu kommt die voranschreitende Tertiarisierung der Wirtschaftsstruktur, die zu einer steigenden Nachfrage nach höher qualifizierten Arbeitskräften führt (Meißner und Becker, 2007). Diese Fachkräfte bestimmen und sichern die Wettbewerbsfähigkeit sowohl der einzelnen Unternehmen als auch die einer ganzen Region.

Der Strukturwandel und der erwartete Bevölkerungsrückgang führen zu einem zukünftigen Mangel an Fachkräften (Backes-Gellner et al., 2000).¹³ Diese Entwicklungen vollziehen sich regional sehr unterschiedlich und führen somit zu einem Wettbewerb um hochqualifizierte Arbeitskräfte (Buch et al., 2010). Bereits heute zwingt der „War for Talents“¹⁴ Regionalplaner, die Stärken der eigenen Region zu identifizieren und ein attraktives Image zu kreieren, um Anreize für potentielle zuwandernde (hochqualifizierte) Erwerbstätige zu setzen. Dies erfordert neben ansprechenden Arbeitgebern auch ein individuelles Standortimage (Grabow und Becker, 2009), das sich aus einem guten Bildungs-, Kultur- und Freizeitangebot (Bertelsmann Stiftung, 2002) sowie einem hohen Freizeitwert, hoher Umweltqualität und einem attraktiven Wohnungsangebot zusammensetzt (Teufer, 1999). Denn diese Faktoren fließen neben den Chancen am Arbeitsmarkt in die Wohnstandortwahl mit ein (v. Einem, 2009) und nicht nur die Wahl auf Quartiers- und lokaler Ebene, sondern auch die Region gewinnt beim Entscheidungsprozess zur Realisierung der Präferenzen an Bedeutung.

Da gerade Hochqualifizierte eine wichtige Determinante zur Aktivierung und Steigerung des regionalen Wissens und somit der Regionalentwicklung darstellen, besteht darüber hinaus ein großes Inte-

¹³ Die größten Probleme liegen derzeit in der Rekrutierung von Ingenieuren, Naturwissenschaftlern und im IT-Bereich (vgl. Schallock, 2009).

¹⁴ Der Ausdruck „War for Talents“ wurde Ende der 1990er Jahre von der amerikanischen Beratungsgesellschaft McKinsey & Company geprägt. Vgl. Michaels/Handfield-Jones/Axelrod (2006), S. 3.

resse der Politik herauszufinden, welche Faktoren Fachkräfte motivieren, in eine Region zu ziehen oder dort nach der Ausbildung beziehungsweise dem Studium zu bleiben. Aus theoretischer Sicht betont vor allem die endogene Wachstumstheorie (Lucas, 1988; Romer, 1990) die Bedeutung von Fachkräften, da sie das Wachstum einer Region „von innen heraus“, insbesondere durch Innovationen anstoßen, von denen durch Spillover-Effekte nicht nur einzelne Unternehmen, sondern die ganze Region profitieren (Arntz, 2009). Somit wird gerade in Gebieten mit einem hohen Anteil an Hochqualifizierten humankapitalintensiv produziert und die Grundlage für regionales Wachstum gelegt. Die Hochqualifizierten stellen somit als „Wissensarbeiter“ (Spinnen, 2011: 140) aber darüber hinaus auch als Einwohner einer Region als Teil der kreativen Klasse (Florida, 2004) zentrale Bestandteile einer erfolgreichen Regionalentwicklung dar. Welche Faktoren die räumliche Verteilung des Anteils der Hochqualifizierten¹⁵ an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sowohl am Arbeits- als auch am Wohnort auf Kreisebene beeinflussen, soll für die Europäische Metropolregion Rhein-Neckar und ihrem Pendlereinzugsgebiet explorativ untersucht werden. Diese Erkenntnisse dienen als Grundlage zur Entwicklung geeigneter Maßnahmen, dem drohenden Fachkräftemangel entgegenzusteuern.

Hierzu wird im nächsten Abschnitt die Bedeutung von Hochqualifizierten für eine Region und ihre Entwicklung diskutiert. Da die Faktoren, die eine Region als Wohn- oder Arbeitsort attraktiv machen, unter Umständen als regionale Effekte über die Grenzen administrativer Einheiten hinweg wirken, erfordert eine empirische Analyse Methoden der räumlichen Ökonometrie, welche die Modellierung der räumlichen Struktur des betrachteten Gebietes ermöglichen (Abschnitt 4.3). In einem regionalen Arbeitsmarkt gibt es neben sesshaften auch transitorische Arbeitskräfte in Form von Einpendlern über die Regionsgrenze. Deshalb folgt in Abschnitt 4.4 das methodische Vorgehen zur Bestimmung der Untersuchungsregion für die Wohnortperspektive. Da es sich bei der Metropolregion Rhein-Neckar um ein politisches Konstrukt und nicht zwingend um einen in sich geschlossenen und funktional verflochtenen Wirtschaftsraum handelt, wird das potenzielle Pendlereinzugsgebiet bestimmt und die Untersuchungsregion abgegrenzt. In Abschnitt 4.5 wird zunächst die räumliche Verteilung mit Hilfe statistischer Testreihen untersucht, deren Implikationen in die anschließende ökonometrische Analyse einfließen. Die Schlussbetrachtung (Kapitel 4.6) verknüpft die gefundenen Ergebnisse mit möglichen Ansatzpunkten für die Regionalentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar.

¹⁵ Als Hochqualifizierte zählen Menschen mit einem der folgenden Abschlüsse: Höhere Fach-, Fachhoch- und Hochschule. Somit gehen neben Akademikern auch weitere Abschlüsse in die Untersuchung ein (beispielsweise Meister).

4.2 Hochqualifizierte als Determinante der Regionalentwicklung

Um die Zielsetzung „bis 2025 als eine der attraktivsten und wettbewerbsfähigsten Regionen in Europa bekannt und anerkannt“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011a) zu sein, muss es der Europäischen Metropolregion Rhein-Neckar gelingen, langfristig nachhaltige Wettbewerbsvorteile zu erzielen und sich hierdurch von anderen Regionen abzuheben (Meincke, 2008). In Zeiten der Globalisierung stehen Regionen – ebenso wie Unternehmen – zur Erreichung ihrer Wachstumsziele jedoch im Wettbewerb um Ressourcen.¹⁶ Gemäß Berlemann und Tilgner (2007) kann eine Region im Wettbewerb um diese erforderlichen Ressourcen nur dann bestehen, wenn die angebotenen Standortbedingungen attraktiv sind. Eine Voraussetzung der regionalen Attraktivität¹⁷ ist hierbei die Fähigkeit, sich flexibel an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen (Berthold et al., 2007; Buch et al., 2010; Niebuhr und Stiller, 2004). Diese zügige Anpassung an wirtschaftliche oder gesellschaftliche Veränderungen setzt jedoch die Lernfähigkeit der Region („learning regions“ (Blotevogel, 1999; Morgan, 1997)) voraus, die auch als Innovationsfähigkeit verstanden wird (Meincke, 2008). Die Lernfähigkeit stellt eine endogene Größe dar, die regionales Wachstum bedingt (Cornett, 2010; Goldstone, 2009). Somit resultiert eine prosperierende Regionalentwicklung gemäß der endogenen Wachstumstheorie aus der effektiven Nutzung der in der Region verfügbaren Ressourcen (Lucas, 1988; Romer, 1990). Bereits 1964 hat Becker durch die Humankapital-Theorie den positiven Zusammenhang zwischen (schulischer) Ausbildung und Arbeitsproduktivität nachgewiesen (Becker, 1975¹⁸) und spätestens seit den 1980er Jahren gilt das Humankapital als eine der wichtigsten Ressourcen zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen (Wright und McMahan, 1992; Wright et al., 1994). Auch die endogene Wachstumstheorie (Lucas, 1988; Romer, 1990) sowie die „new economy geography“ (Krugman, 1991; Krugman, 1998) betonen dessen Relevanz in Bezug auf Unterschiede in der Regionalentwicklung. So nutzen vor allem die Arbeiten von Paul Krugman (1991) über die Geographie des interregionalen Handels als Vorreiter der „new economy geography“ sowie Paul Romer (1986, 1990) im Rahmen der endogenen Wachstumstheorie insbesondere das Wissen als Determinante der Regionalentwicklung (v. Einem, 2009). Für die Metropolregion Rhein-Neckar ist es daher unabdingbar, spezifisches (nicht-kodifizierbares¹⁹) Wissen zu gewinnen, das nur durch persönliche Interaktionen oder durch die Migration von Personen (Zuwanderung Hochqualifizierter) erlangt wird (Hatch und Dyer, 2004; Grabow

¹⁶ Gemäß Meincke (2008) reicht es in einer Wettbewerbssituation nicht aus, eine gute Politik anzustreben, sondern die Identifikation von komparativen Vorteilen voranzutreiben und somit eine bessere Politik zu betreiben als andere Regionen.

¹⁷ Gemäß Berlemann/Tilgner (2007) kann eine Region im Wettbewerb um die erforderlichen Ressourcen nur dann bestehen, wenn die angebotenen Standortbedingungen attraktiv für Unternehmen sind.

¹⁸ Es handelt sich hierbei um die 2. Auflage des im Jahr 1964 erschienenen Werkes.

¹⁹ Hierunter wird Wissen verstanden, das nicht überall verfügbar und beliebig transferierbar ist. Vgl. Grabow/Becker (2009), S. 282.

und Becker, 2009; Brandt et al., 2008; Stahlecker und Koschatzky, 2004). Der territorialen Verbundenheit wird somit im Hinblick auf die Regionalentwicklung eine große Bedeutung beigemessen (Blume, 2009).

Für den positiven Einfluss gut ausgebildeten Humankapitals auf das Wachstum einer Stadt oder Region gibt es ferner eine starke empirische Evidenz (Donegan et al., 2008; Yamarik, 2011 für einen Überblick). So identifizieren beispielsweise Borgmann und Braunerhjelm (2010) in ihrer Studie zum Einfluss der Gründungstätigkeit auf die regionale Beschäftigungsentwicklung für die USA einen signifikanten Einfluss des Ausbildungsniveaus auf das regionale Beschäftigungswachstum.²⁰ Rauch (1993) ermittelt einen Anstieg der totalen Faktorproduktivität um 2,8 % für metropolitane Räume der USA, wenn die durchschnittliche Ausbildung um ein Jahr steigt. Hochqualifizierte Personen generieren und häufen Wissen somit an, das zu Produktivitätssteigerungen der Unternehmen (Berlemann und Tilgner, 2007; Wagner et al., 1997) und letztendlich zu einem größeren regionalen Wachstum führt. White et al. (1988) haben Humanressourcen außerdem als eine der wichtigsten regionalen Innovationstreiber identifiziert. Von diesen Innovationen und dem dadurch entstehenden Wachstum profitieren wiederum Unternehmen, die sich vor allem in Regionen mit einem hohen Bestand an Humankapital ansiedeln und im Durchschnitt produktiver und wettbewerbsfähiger als ihre Konkurrenten sind (Donegan et al., 2008). Zur Generierung langfristiger und nachhaltiger Wettbewerbsvorteile – vor allem in Zeiten einer fortschreitenden Globalisierung, der Tertiarisierung der Wirtschaft und dem fortschreitenden Fachkräftemangel – werden die Humanressourcen einer Region folglich als kritischer und somit strategisch wertvoller Erfolgsfaktor angesehen (Huselid, 1995; Liebel und Oechsler, 1994; Borrmann et al., 2007; Wright et al., 1994; Hervás-Olivier und Albors-Garrigós, 2007; Festing et al., 2010). Buttler und Tessaring (1993) haben bereits in den 1990er Jahren die steigende Relevanz des Faktors „Humankapital“ als Produktionsfaktor für die deutsche Wirtschaft betont und Reformnotwendigkeiten aufgezeigt. Die Relevanz des Humankapitals im regionalen Kontext zeigen auch die Arbeiten von Foss (1996) und Maskell und Malmberg (1999). Foss identifiziert in seiner konzeptionellen Arbeit sogenannte „*higher-order capabilities*“, die zur Wettbewerbsfähigkeit einer Region beitragen. Hierunter versteht er Kompetenzen, die nicht nur in einem bestimmten Unternehmen vorhanden sind, sondern solche, die charakteristisch für die Unternehmen in der entsprechenden Region sind. Weiterhin zeigen Maskell und Malmberg, dass gerade die Nähe zwischen Unternehmen und somit der regionale Kontext eine wichtige Rolle bei Lernprozessen und folglich der Akkumulation und Generierung von Wissen spielt. Während das kodifizierbare Wissen durch die Globalisierung überall erworben werden kann, trägt vor allem das „*tacit knowledge*“ zu einer wettbewerbsfähigen Position der Unternehmen bei (Maskell und Malmberg, 1999). Windsperger (2006) betont weiterhin, dass

²⁰ Für Schweden konnten sie diesen Zusammenhang jedoch nicht feststellen.

regionsspezifische Ressourcen die Attraktivität von Standorten für multinationale Unternehmen beeinflussen und somit die Grundlage für Wettbewerbsvorteile darstellen.

4.3 Räumliche Ökonometrie

4.3.1 Räumliche Abhängigkeit

Krugman (1995) unterstellte einigen Ökonomen ein „wonderland of no spatial dimension“ zu untersuchen. Räumliche Modellierungen haben jedoch in der Volkswirtschaftslehre insbesondere durch die Räumliche Ökonometrie (Anselin, 1988) an Popularität gewonnen und Einzug in die Regionalforschung gehalten (Roberts und Setterfield, 2007). In dieser Teildisziplin der Ökonometrie enthalten die Regressionsmodelle Nachbarschaftsmatrizen, die die räumliche Struktur der Untersuchungsregion abbilden. Auf diese Weise können grenzüberschreitende Einflüsse der eingehenden Variablen nachgewiesen und quantifiziert werden.

Formal äußern sich derartige Effekte in einem funktionalen Zusammenhang eines betrachteten Merkmals zwischen den Teilräumen der Untersuchungsregion. Diese räumliche Abhängigkeit (Anselin, 1988) folgt aus dem geographischen Prinzip der Nähe (Tobler, 1970), das eine grundsätzliche Verflechtung zwischen Regionen unterstellt, die umso stärker wirkt, je geringer die Distanz zwischen den Raumeinheiten ist. Solche Zusammenhänge müssen in einer Analyse durch die Methoden der räumlichen Ökonometrie berücksichtigt werden, da räumliche Abhängigkeiten räumliche Autokorrelation erzeugen (Eckey, Kosfeld und Türck, 2006b) und einen Verstoß gegen das Gauss-Markov-Theorem darstellen, das unter anderem auf der Annahme unabhängiger Beobachtungen basiert. Die Grundidee räumlicher Modellierung ist die Berechnung räumlicher Lags (Anselin, 2010). Dieser Ansatz entstammt der Zeitreihenanalyse, die Lag-Operatoren zur Verknüpfung mehrerer Zeitpunkte durch vorgegebene zeitliche Abstände nutzt (beispielsweise regelmäßige Beobachtungen jeden Montag). Ein räumlicher Lag entspricht einer normierten „Schrittlänge“ und regelt den Zusammenhang zwischen einer Region mit ihrer unmittelbaren Nachbarschaft (Lag erster Ordnung).²¹ Der wesentliche Unterschied zur Zeitreihenanalyse besteht darin, dass die räumlichen Lags Verknüpfungen in verschiedene Richtungen abbilden (beispielsweise Norden, Süden, Osten und Westen), während sich die Dimension „Zeit“ nur in eine Richtung entwickelt.

²¹ Analog hierzu erfasst ein räumlicher Lag zweiter Ordnung die Kreise, die an die unmittelbare Nachbarschaft der betrachteten Region angrenzen.

Als Grundlage der Berechnung der räumlichen Lags wird die räumliche Struktur der Untersuchungsregion durch die Nachbarschaftsmatrix W^* abgebildet, deren Elemente w_{ij}^* paarweise das Nachbarschaftsverhältnis zwischen Region i und Region j kodieren²²:

$$W^* = \begin{bmatrix} w_{11}^* & \cdots & w_{1n}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1}^* & \cdots & w_{nn}^* \end{bmatrix}. \quad (4.1)$$

Im einfachsten Fall gibt ein Element durch eine binäre Kodierung an, ob zwei Regionen benachbart sind ($w_{ij}^* = 1$) oder nicht ($w_{ij}^* = 0$). Per Definition kann eine Region nicht mit sich selbst benachbart sein, weswegen die Elemente der Hauptdiagonalen eine Null aufweisen. Eine zeilenweise normierte Nachbarschaftsmatrix erleichtert die Interpretation der Ergebnisse (Anselin, 1988; Eckey, Kosfeld und Türck, 2006b):

$$w_{ij} = \frac{w_{ij}^*}{\sum_{j=1}^n w_{ij}^*}, \quad (4.2)$$

denn das Produkt einer Zeile der normierten Nachbarschaftsmatrix mit dem Vektor eines erklärenden oder zu erklärenden Merkmals liefert Durchschnittswerte für die direkten Nachbarn der einzelnen Raumeinheiten.

4.3.2 Räumliche Heterogenität

Neben der beschriebenen räumlichen Abhängigkeit muss die Verteilung des zu erklärenden Merkmals im Raum untersucht werden. Denn auch lokale Konzentrationen bzw. räumliche Nichtstationaritäten (Kosfeld, Eckey und Türck, 2007) verhindern den Einsatz der traditionellen ökonometrischen Methoden. Diese räumliche Heterogenität (Anselin, 2010) stellt eine zweite Quelle für Verzerrungen dar. Ob räumliche Nichtstationaritäten vorliegen, kann mit Hilfe der Local Indicators of Spatial Association (kurz LISA) untersucht werden (Anselin, 1995; Kosfeld, Eckey und Türck, 2007). Diese Testreihe besteht aus dem lokalen Moran-Koeffizient und der Getis-Ord Teststatistik. Der lokale Moran-Koeffizient

²² Neben dieser Spezifikation kann die Nachbarschaftsmatrix auch für eine höhere Ordnung formuliert werden.

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2 / n} \quad (4.3)$$

identifiziert lokale Cluster, deren Reichweite sowie Ausreißer. Der Zähler misst hierbei das Kreuzprodukt aus der Abweichung des Wertes einer Variable Y in der betrachteten Region (i) vom Mittelwert und der durchschnittlichen Abweichung aller Nachbarregionen. Der Nenner dient der Normierung und stellt die durchschnittliche Abweichungsquadratsumme des betrachteten Merkmals dar (vgl. im Folgenden: Eckey, Kosfeld und Türck, 2007). Hohe positive Werte der Teststatistik deuten darauf hin, dass die Ausprägungen in der i-ten Region und deren Nachbarn vom Mittelwert abweichen. Es handelt sich um ein lokales Cluster. Weicht die Ausprägung in der betrachteten Region vom Durchschnitt der benachbarten Regionen ab²³, so weist der lokale Moran-Koeffizient einen negativen Wert aus. Werte nahe Null deuten darauf hin, dass die Region und ihre Nachbarn sich statistisch nicht vom globalen Durchschnitt unterscheiden. Eine Unterscheidung in über- oder unterdurchschnittliche Werte ist mit dieser Teststatistik jedoch nicht möglich. Diese Charakterisierung erfordert die Getis-Ord Teststatistik, die jedoch für die Abgrenzung der Untersuchungsregion keine Zusatzinformation liefert und deshalb an dieser Stelle nicht diskutiert wird.²⁴

4.3.3 Modelle der räumlichen Ökonometrie

Die Modelle der räumlichen Ökonometrie basieren auf dem linearen Regressionsmodell

$$Y = X\beta + \varepsilon. \quad (4.4)$$

Im Rahmen der folgenden Analyse bezeichnet Y einen Vektor des Anteils der Hochqualifizierten an den Erwerbstätigen, X eine Matrix der unterschiedlichen Standortfaktoren, β den Vektor der Koeffizienten von X und ε einen Vektor identisch normalverteilter Fehlerterme.

²³ Entweder weist die betrachtete Region eine positive und ihre Nachbarn negative Ausprägung auf oder umgekehrt.

²⁴ Der interessierte Leser findet eine zugängliche Darstellung bei Eckey/Kosfeld/Türck (2007).

Verzerrungen durch räumliche Heterogenität und räumliche Abhängigkeiten äußern sich in korrelierten Fehlertermen ($\varepsilon = Y_i - \bar{Y}$) des Regressionsmodells. Ob dies der Fall ist, bestimmt der globale Moran-Test (Moran's I). Dieser überprüft, ob die einzelnen lokalen Autokorrelationen im Mittel positiv oder negativ ausfallen (Cliff und Ord, 1973). Er bildet somit die Summe über alle Koeffizienten ab und lässt sich wie folgt berechnen:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2}. \quad (4.5)$$

Hohe positive oder negative Werte der Teststatistik deuten darauf hin, dass benachbarte Regionen systematisch über- oder unterdurchschnittliche Werte aufweisen (Eckey, Kosfeld und Türck, 2006b). Wird die unterstellte Nullhypothese „keine räumliche Autokorrelation“ verworfen, muss das lineare Regressionsmodell (4.4) um räumliche Lags erweitert werden. Da es verschiedene Quellen für die räumliche Abhängigkeit gibt, müssen verschiedene Modellspezifikationen betrachtet werden. Im einfachsten Fall unterliegen ausschließlich die erklärenden Variablen räumlicher Abhängigkeit. Die Erweiterung von (4.4) um einen Spatial Lag erster Ordnung in den exogenen Variablen und unter der Verwendung einer zeilenweise normierten Nachbarschaftsmatrix W führt zu

$$Y = X\beta + \mu WX + \varepsilon. \quad (4.6)$$

Hierbei stellt μ den Parametervektor für den Lag der exogenen Variablen dar. Es ist möglich, sowohl alle als auch einzelne exogenen Variablen im nachbarschaftlichen Zusammenhang zu betrachten. Modell (4.6) kann mit der Methode der kleinsten Quadrate (OLS) geschätzt werden.

Neben dieser einfachen Möglichkeit, räumliche Strukturen in einem Regressionsmodell zu integrieren, existieren zwei weitere Alternativen, wenn ein Moran-Test auch für (4.6) räumliche Abhängigkeiten identifiziert. Inhaltlich ist eine funktionale Beziehung der abhängigen Variablen zwischen einer Region und ihren Nachbarregionen beispielsweise aufgrund kreisübergreifender Wirtschaftsräume denkbar. Diesen Zusammenhang bildet das Spatial-Lag-Modell ab:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon. \quad (4.7)$$

Der Term ρWY gibt hierbei die durchschnittlichen Werte der abhängigen Variablen der Nachbarregionen an.

Darüber hinaus können nicht beobachtbare Einflüsse eine räumliche Autokorrelation verursachen. In diesem Fall hilft ein stochastischer Prozess, die Modelldefekte zu beseitigen. Die von räumlicher Abhängigkeit betroffenen Fehlerterme aus (4.4) beziehungsweise (4.7) gehen als Spatial Lag in das Modell ein, werden aber nicht interpretiert. Sie bilden lediglich den nicht beobachtbaren räumlichen Zusammenhang

$$Y = X\beta + \lambda W\varepsilon + u \quad (4.8)$$

ab, wobei λ der räumliche autoregressive Parametervektor und u einen Vektor identisch und gleichverteilter Fehlerterme kennzeichnet. Das Spatial-Lag-Modell (4.7) und das Spatial-Error-Modell (4.8) erfordern eine Maximum-Likelihood-Schätzung.²⁵

Die Auswahl der geeigneten Modelle im Rahmen der nachfolgenden Analysen erfolgt auf Basis des robusten Lagrange-Tests sowohl für das Error- als auch das Lag-Modell (Anselin, 1988; Anselin, 2003) als gängige Spezifikationstests und unter Berücksichtigung des Akaikes Informationskriteriums (engl.: Akaike's Information Criterion, AIC), das die Güte des Modells widerspiegelt. Die Berechnungen der ökonometrischen Modelle und Testverfahren erfolgen mit dem Statistikprogramm R und dem Zusatzpaket „spdep“ von Roger Bivand (2002), das kostenlos über die Programmkonsole nachgerüstet werden kann.

4.4 Regionale Arbeitsmärkte

4.4.1 Grundlagen

Großstädte nehmen eine ökonomische Schlüsselrolle für die Regionalentwicklung ein, da sich in ihnen mehr als ein Drittel aller Arbeitsplätze befinden (Adam et al., 2005). Ein regionaler Arbeitsmarkt wird jedoch nicht ausschließlich durch das Arbeitsmarktzentrum charakterisiert, sondern

²⁵ Neben diesen Modellvariationen sind auch Mischformen denkbar, so können sowohl das Spatial-Lag-Modell als auch das Spatial-Error-Modell um einen Spatial Lag in den exogenen Variablen erweitert werden.

ebenfalls durch das meist als Wohnstandort genutzte Umland, aus dem die Arbeitnehmer in das Zentrum einpendeln. Eine wesentliche Herausforderung bei der Analyse regionaler Fragestellungen besteht somit in der vollständigen Erfassung der Kreise der Untersuchungsregion. Für eine solche räumliche und funktionale Verflechtung besitzen politische Grenzen kaum eine Bedeutung. Zusammenhängende Wirtschaftsräume wie die Metropolregion Rhein-Neckar sind bundeslandübergreifend gewachsen.

Ein falsch abgegrenzter oder nicht vollständig erfasster Raumausschnitt führt zu Messfehlern bei statistischen Analysen, da die tatsächlichen Verflechtungen falsch oder gar nicht erfasst sind. Dies äußert sich statistisch durch räumliche Autokorrelation und bedingt Fehlinterpretationen der Ergebnisse (Eckey, Kosfeld und Türck, 2006b).²⁶ Aus diesem Grund nutzt eine sinnvolle Regionsabgrenzung die Verwaltungsebene lediglich als sekundärstatistischen Ausgangspunkt und verwendet Verfahren, die auf dem Homogenitätskriterium und dem Funktionalprinzip basieren (Bathelt und Glückler, 2002). So entstehen verflochtene Wirtschaftsräume (Funktionalregionen), deren Randgebiete um einzelne Regionen mit weitgehend ähnlicher (homogener) Raumstruktur korrigiert werden (Eckey, Kosfeld und Türck, 2006a).

Pendlerbewegungen bilden die Arbeitsmarktverflechtungen zwischen Raumeinheiten ab und ermöglichen eine funktionale Abgrenzung, die sowohl die ökonomischen Arbeitsmarktzentren, in denen sich die Arbeitsplätze befinden, als auch das überwiegend als Wohnstandort genutzte Umland einbezieht (Klemmer, 1975; Kropp, 2008). Die methodische Umsetzung dieses Zusammenhangs erfolgt durch die Berechnung von Assoziationskoeffizienten (Eckey, Kosfeld und Türck, 2006a), die die Richtung der Auspendlerstruktur zweier Orte vergleichen und die funktionalen Verflechtungen innerhalb einer Untersuchungsregion identifizieren. Die Assoziationskoeffizienten (hier am Beispiel zwischen den Orten 1 und 2) sind bestimmt durch

$$r_{21} = r_{12} = \frac{\sum_{j=1}^n v_{1j} \cdot v_{2j}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n v_{1j}^2 \cdot \sum_{j=1}^n v_{2j}^2}}. \quad (4.9)$$

Hierbei bezeichnet v_{1j} die Anzahl an Personen, die von Kreis 1 in Kreis j auspendeln. Analog hierzu gibt v_{2j} die Anzahl an Personen an, die von Kreis 2 in Kreis j auspendeln. Der Zähler repräsentiert somit das Produkt der Auspendler beider Kreise, das über alle Kreise der drei Bundesländer aufsum-

²⁶ Diesen Sachverhalt kennzeichnet das Area-Unit-Problem (Anselin, 1988).

miert wird. Der Nenner dient lediglich der Normierung, sodass der Wertebereich der Assoziationskoeffizienten zwischen Null und Eins liegt. Je größer die Werte sind, umso ähnlicher sind sich die beiden Kreise hinsichtlich ihrer Auspendlerstruktur. Alle paarweisen Kombinationen der Raumeinheiten bilden die Elemente der symmetrischen $n \times n$ -Matrix R der Assoziationskoeffizienten (Eckey, Kosfeld und Türck, 2006a):

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & 1 & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n,1} & r_{n,2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}. \quad (4.10)$$

Die Assoziationskoeffizienten lassen sich mittels einer Faktorenanalyse (Klemmer, 1975) zu funktionalen Arbeitsmarktregionen verdichten, indem jeder Kreis einem extrahierten Faktor zugeordnet wird.

4.4.2 Abgrenzung der Untersuchungsregion

Den Kern der Untersuchungsregion bildet die Europäische Metropolregion Rhein-Neckar (MRN) mit ihren 15 Stadt- und Landkreisen aus den drei Bundesländern Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz. Da diese Region das Ergebnis politischer Verhandlungen ist und deren Zusammenschluss in einem Staatsvertrag bestimmt wurde (Landtag von Baden-Württemberg, 2005), bildet sie nicht zwingend den wirtschaftlich verflochtenen funktionalen Arbeitsmarkt ab, sondern ähnelt einer administrativen Einheit mit politisch gezogenen Grenzen. Eine empirische Analyse für den Wohnort erfordert jedoch eine funktionale Abgrenzung des Pendlereinzugsgebietes, da die Pendlerbewegungen auch über die Grenzen der Metropolregion hinaus stattfinden. Es gibt Menschen, die außerhalb der Region wohnen, aber innerhalb arbeiten und umgekehrt. Die Abgrenzung erfolgt deshalb in einem dreistufigen Verfahren:

- 1) **Pendlerbereitschaft:** Die maximale Bereitschaft für den Weg vom Wohn- zum Arbeitsort beträgt 60 Minuten.
- 2) **Funktionalitätskriterium:** Die Arbeitsmarktverflechtungen zwischen den Kreisen der Metropolregion Rhein-Neckar und dem Pendlereinzugsgebiet auf Basis des 60 Minuten Kriteriums

bestimmen sich aus der Matrix der Assoziationskoeffizienten und bilden die Grundlage des zu untersuchenden Wirtschaftsraumes.

- 3) **Kennziffermethode (Homogenitätskriterium):** Um Überschneidungen mit anderen Wirtschaftsräumen zu vermeiden, werden die Kreise am Rand der Funktionalregion aus Schritt 2 auf eine eindeutige Orientierung hin zum Wirtschaftsraum Rhein-Neckar geprüft.

In der Literatur gilt eine einfache Fahrtzeit zum Arbeitsplatz zwischen 45 und 60 Minuten als akzeptabel (Eckey, Kosfeld und Türck, 2006a). Um das potenzielle Einzugsgebiet der MRN abzugrenzen, wird der Höchstwert dieser Spanne unterstellt. Alle Kreise, die binnen 60 Minuten mit dem Pkw vom Arbeitsmarktzentrum um die drei Oberzentren Heidelberg, Mannheim und Ludwigshafen erreichbar sind, zählen zum potentiellen Einzugsgebiet der Metropolregion.

Eine Untersuchungsregion, deren Abgrenzung ausschließlich auf der Fahrzeit zum Arbeitsmarktkern der MRN basiert, kann jedoch Kreise enthalten, die einem anderen funktionalen Arbeitsmarkt außerhalb des tatsächlich verflochtenen Wirtschaftsraumes angehören. Dies könnte insbesondere bei Kreisen aus dem Gebiet der Metropolregion Rhein-Main der Fall sein (beispielsweise Frankfurt am Main, Mainz oder Darmstadt). Um die aus einer solch ungenauen Abgrenzung resultierende räumliche Autokorrelation zu vermeiden, erfordert eine adäquate Abgrenzung das Funktionalprinzip und die daraus abgeleitete Methode der Assoziationskoeffizienten, um die Wirtschaftsräume des betrachteten Gebietes zu identifizieren. Für die Kreise, die innerhalb des 60 Minuten Kriteriums liegen, wird deshalb eine Matrix der Assoziationskoeffizienten berechnet. Diese Informationen werden anschließend mit einer Faktorenanalyse zu Wirtschaftsräumen verdichtet.

Die Abgrenzung auf Basis der Assoziationskoeffizienten weist jedoch eine methodische Schwäche auf: einzelne Kreise (insbesondere die Randgebiete) können durch die Faktorenanalyse teilweise nicht eindeutig einem Wirtschaftsraum zugeordnet werden. Es handelt sich hierbei um Randgebiete eines Wirtschaftsraumes oder zweier regionaler Arbeitsmärkte, die nicht überschneidungsfrei abgrenzbar sind. In diesem Fall wird der Anteil der Auspendler in die MRN mit dem Anteil der Auspendler in die anderen Wirtschaftsräume (Rhein-Main und Stuttgart) verglichen (Eckey, Kosfeld und Türck, 2006a). Ist diese Kennziffer für die Verflechtung mit der MRN größer, als mit den anderen Wirtschaftsräumen, wird der Kreis in die Untersuchungsregion aufgenommen.²⁷

²⁷ Zusätzlich ist ein Auspendleranteil von mindestens fünf Prozent erforderlich, da andernfalls die Verflechtung mit der MRN zu gering ist und der betrachtete Kreis somit nicht zum Wirtschaftsraum gehört.

4.5 Ergebnisse

4.5.1 Auswahl der Variablen und Datenquellen

Um die Untersuchungsregion auf Grundlage sekundärstatistischer Pendlerverflechtungen abzugrenzen, werden Daten der Bundesagentur für Arbeit verwendet (Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2011). Diese beinhalten Informationen über die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Wohn- und Arbeitsort sowie die Anzahl der Ein- und Auspendler für alle 96 Kreise der drei Bundesländer Rheinland-Pfalz, Hessen und Baden-Württemberg. Auf dieser Datengrundlage wird die Matrix der Assoziationskoeffizienten berechnet.

Die Auswahl der möglichen Faktoren, die einen Einfluss auf den Anteil der Hochqualifizierten am Arbeits- und Wohnort besitzen, gliedert sich in verschiedene Themenfelder. So diskutieren Mellander und Palmberg (2010), dass die Attraktivität einer Region für Haushalte von den regionalen Arbeitsmarktbedingungen, den Zugangsmöglichkeiten zu verschiedenen Dienstleistungen, der Wissenschaftslandschaft und der Lebensqualität abhängt.

Die Analyse der Hochqualifizierten am Arbeitsort basiert daher auf Variablen, die die Merkmale eines regionalen Arbeitsmarktes abbilden. Ein derartiger Wirtschaftsraum entsteht aus den Pendlerverflechtungen zwischen dem meist als Wohnstandort genutzten Umland und den Arbeitsmarktzentren, die durch eine hohe Anzahl an Arbeitsplätzen gekennzeichnet sind. Die Ein- und Auspendlersalden der einzelnen Kreise bilden somit die Struktur des Wirtschaftsraumes ab. Weiterhin ist die Ausstattung der Region mit Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen zu berücksichtigen. Gerade eine gut ausgebaute F&E-Infrastruktur kann auf die Arbeitsortwahl von Hochqualifizierten einen positiven Einfluss ausüben, da solche Einrichtungen potenzielle Arbeitgeber dieser Personengruppe darstellen. Zudem stärkt eine gut ausgebaute F&E-Infrastruktur die Innovationsfähigkeit als lernende Region und begünstigt somit regionales Wachstum. Weiterhin trägt möglicherweise auch das Attribut „Universitätsstadt“ zu einer erhöhten Attraktivität des regionalen Arbeitsmarktes bei. Die Anzahl der Ausbildungsplatzwanderer (Wanderungssaldo der Personen im Alter zwischen 18 und 24 Jahren) verdeutlicht die Bildungschancen und Erwerbsmöglichkeiten eines regionalen Arbeitsmarktes für junge Menschen und stellen somit ein Näherungsmaß für Disparitäten in den Arbeitsmarktbedingungen dar (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2011). Sowohl für die ansässigen Unternehmen als auch für die (lernende) Region bilden die Ausbildungsplatzwanderer eine wichtige Quelle zur Steigerung der zukünftigen Innovationsfähigkeit.

Florida (2004) hat mit der Theorie der kreativen Klasse einen wichtigen Beitrag zur Wohnortwahl Hochqualifizierter geleistet. Er geht davon aus, dass die „kreativen Köpfe“ einer Gesellschaft und die von ihnen ausgehenden Innovationen einen entscheidenden Einfluss auf das ökonomische Wachstum von Regionen haben. Durch den sich abzeichnenden Fachkräftemangel wandeln sich die Bedingungen eines regionalen Arbeitsmarktes: aus „people follow jobs“ wird „jobs follow people“. Hochqualifizierte können deshalb vermehrt auch nicht ökonomische Präferenzen bei der Arbeitsplatzwahl realisieren. Eine Region muss demnach neben guten Arbeitsmarktbedingungen auch eine hohe Lebensqualität bieten, um sich im „War for Talents“ (Michaels, Handfield-Jones und Axelrod, 2006) die klugen Köpfe und deren Potential langfristig zu sichern.

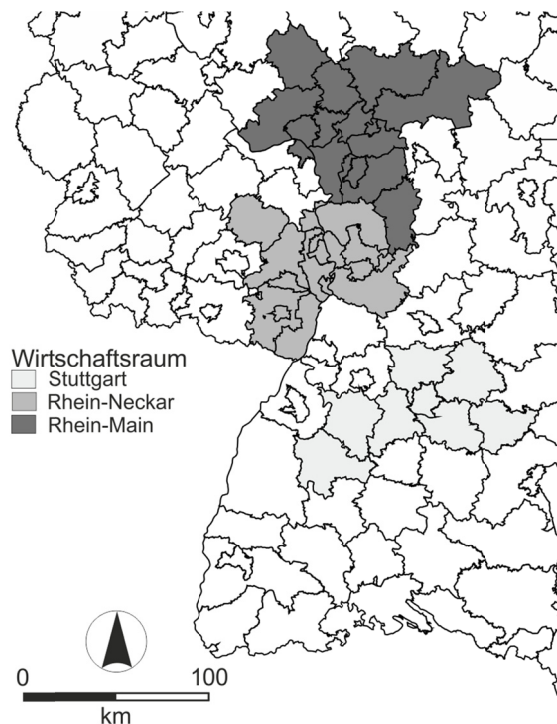
Der Anteil Hochqualifizierter an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten berechnet sich aus den Variablen „Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort nach Geschlecht, Nationalität und Art der Ausbildung“ und der Gesamtzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten eines Stadt- beziehungsweise Landkreises. Diese Daten stammen aus der „Regionaldatenbank Deutschland“ des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt, 2012). Somit gehen Selbstständige, mithelfende Familienangehörige und Beamte nicht in die Untersuchung ein. Die Analyse für Selbstständige findet sich bei Müller (2012). Soweit nicht anders gekennzeichnet entstammen die Merkmale, die in die nachfolgende ökonometrische Analyse als erklärende Variable eingehen, der INKAR-Datenbank des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung von 2010. Diese Datenbank enthält „regionalstatistische Daten zu nahezu allen gesellschaftlich bedeutsamen Themenfeldern wie Bildung, Soziales, Demographie, Wirtschaft, Wohnen und Umwelt“ (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2011). Die Daten der Version von 2010 beziehen sich auf das Jahr 2008. Die Variable Lebensqualität basiert auf dem Index von Buettner und Ebertz (2007; 2009).

Um eine sparsame Spezifikation der ökonometrischen Modelle zu gewährleisten, werden die Merkmale eines gemeinsamen Themenfeldes durch eine Faktorenanalyse zu einem Index verdichtet. Diese Berechnungen wurden im Statistikprogramm SPSS vorgenommen. Eine Tabelle mit Erläuterungen zu allen verwendeten Variablen findet sich im Anhang (Anhang 4-6). Die nachfolgenden Auswertungen sind in der kostenlosen Open-Source-Software „R“ (Version 2.13.1) mit dem Zusatzpaket „spdep“ durchgeführt worden. Die vorgestellten Modelle der räumlichen Ökonometrie sowie alle statistischen Testverfahren sind in „spdep“ enthalten.

4.5.2 Die Abgrenzung der Untersuchungsregion

Die 60 Minuten Zeitrestriktion vom Kern der Metropolregion stellt das potenzielle Pendlereinzugsgebiet dar. Hierdurch erweitert sich das Gebiet der 15 Kreise der MRN auf insgesamt 38 (vgl. Anhang 4-1). Diese Annahme birgt jedoch das Risiko, Kreise in die Untersuchungsregion mit aufzunehmen, die einem anderen Wirtschaftsraum angehören und somit zwar ein potenzielles, jedoch kein reales Einzugsgebiet darstellen. Diese Überschneidungen betreffen insbesondere die Ränder der großen Wirtschaftsräume. Außerdem gehören die Kreise Bergstraße und Worms formal sowohl zur Metropolregion Rhein-Neckar als auch Rhein-Main. Die Abgrenzung muss jeweils eine eindeutige Zuordnung ermöglichen.

Abbildung 4-1: Die Funktionalräume der Regionen Rhein-Main, Rhein-Neckar und Stuttgart



Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2011), eigene Berechnung und Darstellung.

Um die Untersuchungsregion funktional einzugrenzen, werden daher die regionalen Arbeitsmärkte der drei Europäischen Metropolregionen Rhein-Main, Rhein-Neckar und Stuttgart bestimmt. Hierbei können sich die identifizierten funktionalen Räume von den politisch festgelegten Regionen unterscheiden. Zur Bestimmung dieser Wirtschaftsräume werden zunächst die Assoziationskoeffizienten aller 96 Kreise der drei Bundesländer berechnet und durch eine anschließende Faktorenanalyse die

Auspendlerstrukturen miteinander verglichen. Die hierdurch identifizierten funktionalen Arbeitsmärkte der drei Metropolregionen sind in Abbildung 4-1 dargestellt. Die entspricht dem zweiten Schritt der Abgrenzung der Untersuchungsregion (vgl. Abschnitt 4.2). Die Analyse zeigt eine funktionale Verbundenheit innerhalb der politischen Grenzen der Metropolregionen. Die Kreise „Bergstraße“ und „Worms“, die politisch gesehen Bestandteile beider Metropolregionen sind, weisen eine eindeutige Verflechtung mit der Metropolregion Rhein-Neckar auf.

In die Untersuchungsregion fließen nur die Kreise ein, die innerhalb des 60-Minuten-Radius des potenziellen Einzugsgebiets vom Kern der MRN liegen und nicht dem funktionalen Gebiet der Metropolregion Rhein-Main oder Stuttgart zugeordnet werden. Das Funktionalitätskriterium und die anschließende Überprüfung der Randgebiete ermöglicht eine überschneidungsfreie Abgrenzung zwischen den Wirtschaftsräumen Rhein-Main und Rhein-Neckar. Überschneidungen mit dem Wirtschaftsraum Stuttgart wurden nicht beobachtet. In Tabelle 4-1 sind die 28 Stadt- und Landkreise der Untersuchungsregion nach Bundeslandzugehörigkeit aufgelistet.

Tabelle 4-1: Die Untersuchungsregion

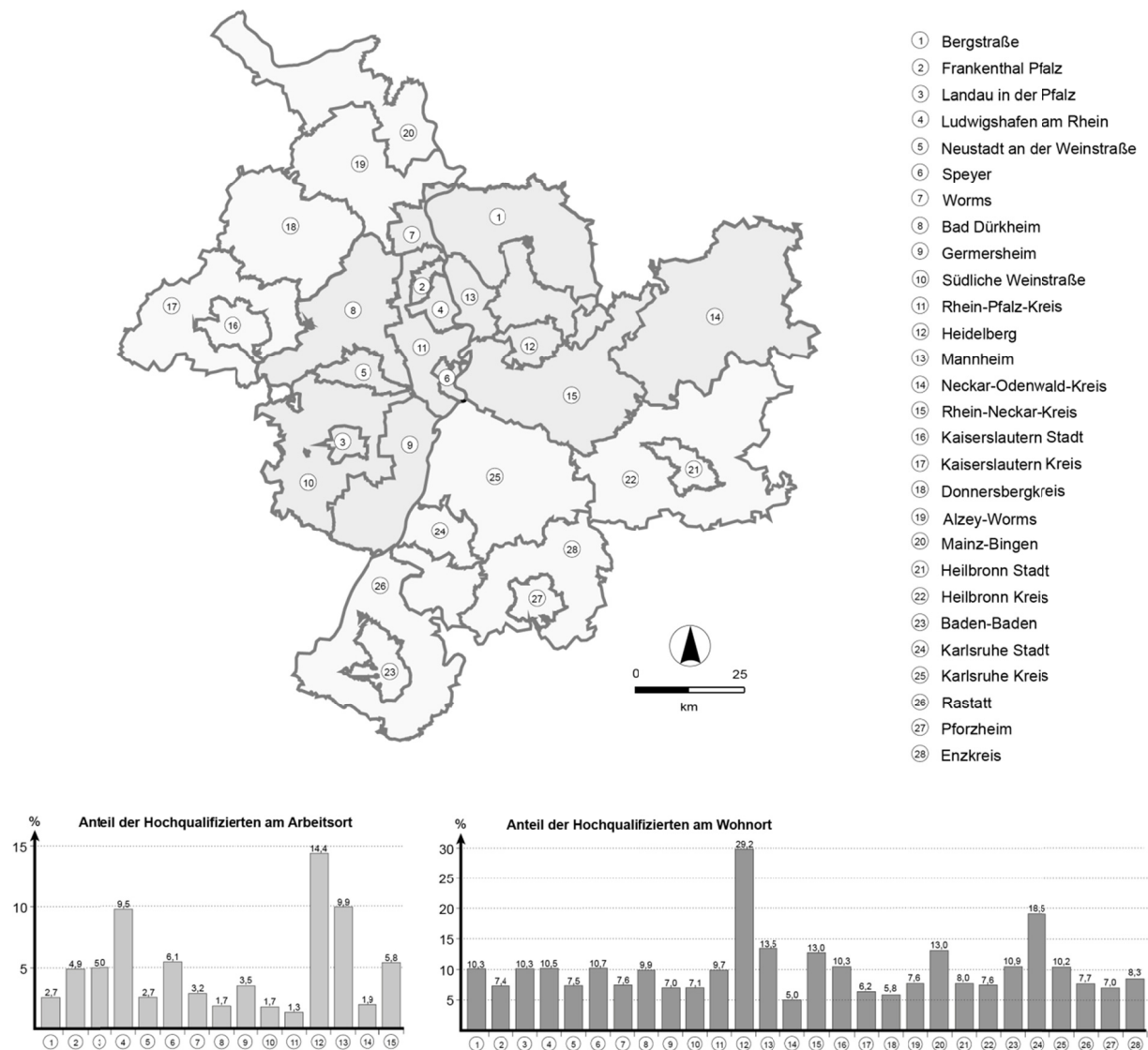
Bundesland	Stadt- und Landkreise
Rheinland-Pfalz	Alzey-Worms, Bad-Dürkheim, Donnersbergkreis, Germersheim, Frankenthal, Kaiserslautern (Stadt), Kaiserslautern (Land), Landau, Ludwigshafen, Mainz-Bingen, Neustadt a. d. W., Rhein-Pfalz-Kreis, Speyer, Südliche Weinstraße, Worms
Baden-Württemberg	Baden-Baden, Enzkreis, Heidelberg, Heilbronn (Stadt), Heilbronn (Land), Karlsruhe (Stadt), Karlsruhe (Land), Mannheim, Neckar-Odenwald-Kreis, Pforzheim, Rastatt, Rhein-Neckar-Kreis
Hessen	Bergstraße

Quelle: Eigene Darstellung.

4.5.3 Räumliche Verteilung

Eine empirische Untersuchung auf Kreisebene erfordert statistische Testverfahren auf räumliche Abhängigkeit sowie Heterogenität und gegebenenfalls die Anwendung der Methoden der räumlichen Ökonometrie. Aus diesem Grund müssen die Daten zunächst einer explorativen Analyse räumlicher Daten (Rusche, 2008) unterzogen werden. Ausgangspunkt hierfür bilden die Verteilungen der Hochqualifizierten am Arbeits- und Wohnort der Metropolregion Rhein-Neckar. Für die genauere Bestimmung der Verteilung helfen anschließend die LISA-Statistiken.

Abbildung 4-2: Anteil der Hochqualifizierten an allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Wohn- und Arbeitsort in der Metropolregion Rhein-Neckar



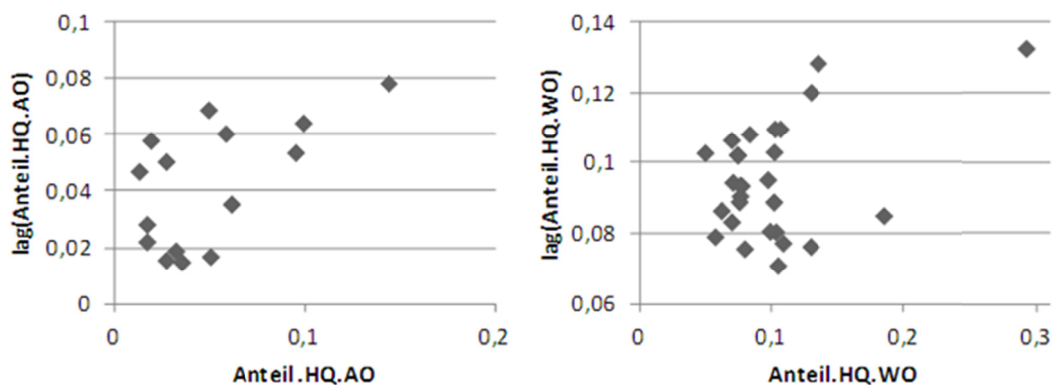
Quelle: Regionaldatenbank des Statistischen Bundesamtes; eigene Berechnung und Darstellung.

Die Anteile der Hochqualifizierten an allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in den Kreisen der Untersuchungsregion sind in Abbildung 4-2 dargestellt. Die Verteilung der Hochqualifizierten am Arbeitsort ist durch erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Kreisen gekennzeichnet. Vor allem in den drei Oberzentren Mannheim, Heidelberg und Ludwigshafen, also dem Kern der MRN, sind die Werte mit 9,5 % (Ludwigshafen), 9,9 % (Mannheim) und 14,4 % (Heidelberg) überdurchschnittlich hoch. Die geringsten Werte können für den Rhein-Pfalz-Kreis (1,3 %), Bad Dürkheim (1,7 %) und die Südliche Weinstraße (1,7 %) festgestellt werden. In Bezug auf den Wohnort sind die Hochqualifizierten homogener zwischen den einzelnen Kreisen verteilt. Den höchsten Anteil an

Hochqualifizierten weist erneut der Kreis Heidelberg²⁸ auf (29,2 %). Aber anders als am Arbeitsort gibt es Landkreise wie Bad Dürkheim (9,9%) oder den Rhein-Pfalz-Kreis (9,7%) mit relativ hohen Werten. Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass es sowohl am Arbeits- als auch Wohnort Anzeichen für räumliche Ballungen (insbesondere im Kern der MRN) als auch für Ausreißer (Heidelberg) gibt, die mit den LISA-Statistiken auf statistische Signifikanz überprüft werden müssen.

Neben dem ökonomischen Kernraum (Arbeitsort) stellt die Metropolregion Rhein-Neckar einen attraktiven Wohnort für Hochqualifizierte dar. Die Oberzentren Heidelberg, Mannheim und Ludwigshafen sind durch eine hohe Erreichbarkeit gekennzeichnet und somit hervorragend an andere Wirtschaftsräume angebunden. Abgesehen vom Fehlen eines internationalen Flughafens weist die MRN im Vergleich zu beispielsweise München, Frankfurt oder Stuttgart vergleichbare Werte bei der Erreichbarkeit von Autobahnen und IC/EC/ICE-Bahnhöfen auf (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2011). Die gute Erreichbarkeit bedingt aber auch, dass nicht alle in der MRN wohnenden Hochqualifizierten dort auch arbeiten und umgekehrt. Ziel der ökonometrischen Analysen ist deshalb die Identifikation von Bestimmungsfaktoren, die für die Arbeits- und Wohnortwahl von Hochqualifizierten von Bedeutung sind. Für das Wohnortmodell wird die in Kapitel 4.5.2 abgegrenzte Untersuchungsregion genutzt. Welches ökonometrische Verfahren zu wählen ist, hängt unter anderem auch davon ab, ob räumliche Abhängigkeiten in Bezug auf die Verteilung der Hochqualifizierten existieren. Diese können mit dem Moran-Test identifiziert werden.

Abbildung 4-3: Moran-Scatterplot für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohn- und Arbeitsort



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten der INKAR-Datenbank und des Statistischen Bundesamtes.

Der Moran-Scatterplot (vgl. Abbildung 4-3) stellt die Anteile der Hochqualifizierten am Wohn- und Arbeitsort in Relation zum Durchschnitt der direkten Nachbarn dar. Insbesondere der Scatterplot für

²⁸ Der überdurchschnittlich hohe Wert für Heidelberg geht unter anderem auf das Image der Stadt sowie den angespannten Mietmarkt und das knappe Bauland in der Stadt zurück. Die hohen Preise bewirken eine Selektion hin zu einkommensstärkeren Gruppen, in denen der Anteil an Hochqualifizierten höher ist.

den Arbeitsort deutet auf räumliche Abhängigkeit hin, da ein funktionaler Zusammenhang zwischen der Ausprägung eines Kreises und dem Durchschnitt der direkten Nachbarn erkennbar ist. Im Vergleich zu ihren direkten Nachbarn, weisen die LISA-Statistiken Heidelberg (am Wohn- und Arbeitsort) und Mannheim (am Wohnort) als signifikant überdurchschnittliche Werte aus (vgl. Anhang 4-2 bis 4-5). Um dieser räumlichen Heterogenität zu begegnen, müssen binäre Kontrollvariablen in das Modell mit aufgenommen werden (Anselin, 1999). Die identifizierte räumliche Autokorrelation erfordert die Anwendung der Methoden der räumlichen Ökonometrie, um Verzerrungen und Fehlinterpretationen in der ökonometrischen Analyse zu vermeiden.

4.5.4 Ergebnisse der räumlichen Ökonometrie

Die in der Voruntersuchung in Kapitel 4.5.3 durch die LISA-Statistiken identifizierte räumliche Abhängigkeit erfordert die Integration der räumlichen Struktur der Untersuchungsregion in das Regressionsmodell. Die Spezifikation der Modelle erfolgt durch den gängigen Ansatz (Florax, Folmer und Rey, 2003): Zunächst wird ein Basismodell ohne Spatial Lags geschätzt und dessen Residuen mit dem Moran-Test auf räumliche Autokorrelation getestet (Anselin, 2003). Falls die Nullhypothese „keine Autokorrelation“ verworfen wird, folgt eine Erweiterung des Modells. Die adäquate Modellform ergibt sich aus der Anwendung der Lagrange Multiplier Teststatistik (Anselin, 2003). Diese Testreihe ermöglicht die Wahl zwischen dem Spatial-Error- und Spatial-Lag-Modell (Tabelle 4-2). Für das Modell zum Anteil der Hochqualifizierten am Arbeitsort empfiehlt der Test ein Spatial-Lag-Modell (p-Wert von 0.00166), während das Modell für den Wohnort unbeobachteten räumlichen Einflüssen unterliegt und ein Spatial-Error-Modell erfordert (p-Wert von 0.01496).²⁹ Die folgende Darstellung der Schätzergebnisse werden zur besseren Übersicht und auf Basis der Motivation für die Variablenauswahl in Kapitel 4.5.1 in die Themenfelder „Wirtschaftsindikatoren“, „Aspekte der Lebensqualität“, „F&E-Infrastruktur“, „Interaktionsterme“ und „räumliche Bezüge“ gegliedert.

Ökonomischen Erklärungsfaktoren prägen die Ergebnisse für das Modell zum Anteil der Hochqualifizierten am Arbeitsort (Tabelle 4-3). So bestätigen die geschätzten Parameter der Pendlerverflechtung die deskriptiven Auswertungen und zeigen, dass Hochqualifizierte vor allem in den ökonomischen Zentren der MRN arbeiten. So weist die Zahl der Einpendler einen signifikant positiven, die der Auspendler einen signifikant negativen Zusammenhang zum Anteil der Hochqualifizierten am Arbeitsort

²⁹ Sollte die Prüfgröße sowohl für das Spatial-Lag- als auch das Spatial-Error-Modell signifikant sein, müssen die robusten Testvarianten geschätzt werden (Anselin 2003). Für die Modelle am Arbeits- und Wohnort liefert der Lagrange-Multiplier Test jedoch bereits eindeutige Ergebnisse.

auf. Einen weiteren Wirtschaftsindikator stellen die Ausbildungsplatzwanderer dar. Diese berechnen sich aus der Differenz aus Ein- und Auswanderern im Alter zwischen 18 und 24 Jahren und dienen als Näherungsmaß für junge Menschen, die aufgrund ihrer Ausbildung oder ihres Studiums den Wohnort wechseln. Hierdurch werden Disparitäten in den Erwerbsmöglichkeiten verdeutlicht.³⁰ Mit einem Überschuss an Ausbildungsplatzzuwanderern von 8,5 % im Jahr 2008 weist Heidelberg den größten positiven Binnenwanderungssaldo in dieser Altersgruppe auf. Aber auch Mannheim (+6,1 %) und Ludwigshafen (+2,3 %) können einen positiven Saldo aufweisen. Der Neckar-Odenwald-Kreis (-2,8 %), Bad Dürkheim (-2,6 %), Südliche Weinstraße (-2,4 %) und der Rhein-Pfalz-Kreis (-2,3 %) müssen hingegen die größten relativen Abgänge der 18 bis 24 Jährigen verzeichnen.

Tabelle 4-2: Lagrange Multiplier Test zur Modellspezifikation für die Modelle am Arbeits- und Wohnort

	Spatial-Lag-Modell	Spatial-Error-Modell
Modell Arbeitsort	LMlag = 9.8918 p-value = 0.00166	LMerr = 0.5755 p-value = 0.4481
Modell Wohnort	LMlag = 1.8415 p-value = 0.1748	LMerr = 5.9217 p-value = 0.01496

Quelle: Eigene Berechnung.

Aufgrund der Standorte der (Fach-)Hochschulen (insbesondere in Heidelberg und Mannheim) und der hohen Zentralität nutzen die Ausbildungsplatzwanderer die (Innen-)Städte meist als ersten eigenen Wohnort und häufig auch als Arbeitsort (Meng, Schmitz-Veltin und West, 2008; West und Deschermeier, 2011). Deschermeier (2012) prognostiziert für die MRN bis 2030 Wanderungsgewinne für diese Altersgruppe. Hieraus ergibt sich ein hohes Potential für den Wirtschaftsraum der MRN, da diese jungen Menschen wesentlich zum zukünftigen Fachkräftebestand beitragen werden. Die regionalen Akteure müssen deshalb Konzepte erarbeiten, um diese jungen Menschen langfristig als Determinante für eine erfolgreiche Regionalentwicklung zu sichern.

Bezüglich der Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur ist für den Anteil der F&E-Beschäftigten ein signifikant positiver Zusammenhang zur abhängigen Variablen der Hochqualifizierten am Arbeitsort zu beobachten, der als realisierte Nachfrage der F&E-Branche nach dieser Qualifikation interpretiert werden kann. Vor allem in Ludwigshafen ist der Anteil der F&E-Beschäftigten an allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit 6 % sehr hoch. Auch der Rhein-Neckar-Kreis (5,1 %) und Heidelberg

³⁰ Vgl. Variableninformationen in der INKAR Datenbank (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung 2011).

(2,1 %) weisen verhältnismäßig hohe Werte auf. Der Rhein-Neckar-Kreis zählt aufgrund seiner Unternehmenslandschaft – durch große Arbeitgeber wie beispielsweise SAP AG, Heidelberger Druckmaschinen AG, HeidelbergCement AG, MLP Finanzdienstleistungen AG, Unternehmensgruppe Freudenberg und die Rudolf Wild GmbH und Co.KG – ebenfalls zum (erweiterten) ökonomischen Zentrum der MRN. Mit einem Anteil an Hochqualifizierten am Arbeitsort von 5,8 % weist der Rhein-Neckar-Kreis zudem den fünftgrößten Wert (nach Heidelberg, Mannheim, Ludwigshafen und Speyer) auf.

Tabelle 4-3: Einflussfaktoren auf den Anteil an Hochqualifizierten an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort (Spatial-Lag-Modell)

Merkmal	Schätzer
Konstante	3.382755**
Wirtschaftsindikatoren	
Einpendler	0,173409**
Auspendler	-0,145717**
Ausbildungsplatzwanderer	0,024580**
F&E-Infrastruktur	
F&E-Beschäftigte	0,037149**
Interaktionsterme	
Interaktion Stadtkreis und ALQ	-0,277943**
Räumliche Bezüge	
Dummy Heidelberg	2,039002**
Rho	0.24045**
AIC	18,148, (AIC for lm: 33,035)

**signifikant auf Niveau 0,01; *signifikant Niveau 0,05.

Quelle: Eigene Berechnung.

Im Rahmen der Modellspezifikation wurde für die Variable „Arbeitslosenquote“ räumliche Abhängigkeit in Stadtkreisen identifiziert, weshalb das Modell als Kontrollvariable einen Interaktionsterm zwischen der binären Variable Stadtkreis und der Arbeitslosenquote enthält. Die Werte der Arbeitslosenquote in den Landkreisen sind deutlich niedriger (beispielsweise Bad Dürkheim 4,3% oder Rhein-Pfalz-Kreis 4,4%) als in den Stadtkreisen und insbesondere im Vergleich zu den Oberzentren. Aufgrund der Wirtschaftsstruktur ist der Anteil der Hochqualifizierten in den Stadtteilen besonders hoch. Heidelberg weist mit 29,2% einen Extremwert auf, bei einer vergleichsweise niedrigen Arbeitslosenquote von 6,7% und stellt somit einen Ausreißer im Vergleich zu den anderen Oberzentren dar, deren Arbeitslosenquoten deutlich höhere Werte annehmen (Ludwigshafen 10,2% und Mannheim 8,4%). Der Regressionskoeffizient weist deshalb einen signifikant negativen Zusammenhang zum Anteil der

Hochqualifizierten am Arbeitsort auf. Aufgrund der in Kapitel 4.5.3 identifizierten räumlichen Heterogenität kontrolliert eine eigene Variable im Modell die Effekte.

Im Stadtkreis Heidelberg ist der Anteil der Hochqualifizierten am höchsten. Dieser Extremwert äußerte sich in der Voruntersuchung durch die LISA-Statistiken als räumliche Heterogenität. Die binäre Variable „Dummy Heidelberg“ korrigiert für diese Quelle von Verzerrungen beziehungsweise Modelldefekten. Der Parameter weist einen auf dem 1 %-Niveau signifikant positiven Effekt auf den Anteil der Hochqualifizierten am Arbeitsort auf. In Heidelberg befindet sich beispielsweise der Kern des 2008 durch das BMBF als Spitzencluster ausgezeichnete Cluster BioRN (Metropolregion Rhein-Neckar, 2009). Die räumliche und teilweise auch institutionelle Nähe zwischen dem Cluster sowie weiteren attraktiven Arbeitgebern für Hochqualifizierte und der Heidelberger Universität bewirken Standortvorteile, die das Image der Stadt als Wissensstadt prägen. Dieses Image hilft umgekehrt, Heidelberg für Zuwanderer attraktiv erscheinen zu lassen.

Abschließend kann festgestellt werden, dass keine Spatial Lags in den exogenen Variablen eine Signifikanz aufweisen, jedoch der Spatial Lag in der zu erklärenden Variable (Koeffizient ρ) hoch signifikant ist. Je höher also der durchschnittliche Anteil der Hochqualifizierten der direkten Nachbarn ist, desto höher ist er in einer betrachteten Region. Dieser Zusammenhang zeigt deutlich die Konzentration der ökonomischen Aktivität.

Die deskriptiven Analysen zeigten, dass Hochqualifizierte am Wohnort zwar homogener verteilt sind als am Arbeitsort, jedoch auch am Wohnort Ausreißer und folglich räumliche Heterogenität zu beobachten sind. Deshalb zeigen die Ergebnisse (Tabelle 4-4) einen signifikant negativen Effekt des Parameters „keine Großstadt“, da insbesondere in den Stadtkreisen Heidelberg und Karlsruhe der Anteil der Hochqualifizierten signifikant höher ist. Auch Geppert und Gornig (2010) weisen darauf hin, dass der Anteil an Hochqualifizierten in den Oberzentren der deutschen Agglomerationen in den letzten Jahren deutlich angestiegen ist. Der Effekt bildet allerdings keinen kausalen Zusammenhang ab, sondern entsteht durch die dominierenden Ausreißer. So sind beispielsweise die Werte auch im Landkreis Bad Dürkheim (9,9%) oder dem Rhein-Pfalz-Kreis (9,7) sehr hoch.

Die industrielle Prägung der Kreise der Metropolregion insbesondere bei den Oberzentren ist sehr heterogen (Ludwigshafen: 42,5%; Mannheim 25,5%; Heidelberg 14,4%). Der schwach signifikante negative Parameterschätzer der Industriequote belegt, dass Hochqualifizierte eher die Kreise als Wohnort wählen, die eine geringe industrielle Prägung aufweisen. Dies trifft sowohl auf das Oberzentrum Heidelberg zu, als auch auf verschiedene umliegende Landkreise mit relativ hohen Anteilen an Hochqualifizierten am Wohnort, wie beispielsweise der Rhein-Pfalz-Kreis mit einer Industriequote von 6,8%. Denn die durch die Industrie verursachten negativen externen Effekte, wie beispielsweise

ein hohes Verkehrsaufkommen, das sich in Lärm und Staus äußert, eine hohe Bebauungsdichte und somit fehlendes Bauland oder fehlende Grünflächen zur Erholung senken die Lebensqualität und lassen eine Stadt als Wohnort unattraktiver wirken.

Tabelle 4-4: Einflussfaktoren auf den Anteil an Hochqualifizierten an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Wohnort (Spatial-Error-Modell mit einem Spatial Lag in den exogenen Variablen)

Merkmal	Schätzer
Wirtschaftsindikatoren	
Beschäftigtenquote	0,00662109**
Industriequote	-0,00073319°
Einpendler	-0,00072788**
Faktor Erreichbarkeit	-0,01573606**
Aspekte der Lebensqualität	
Lebensqualitäts-Index	0,00051312**
Keine Großstadt	-0,06575055**
F&E-Infrastruktur	
Faktor Bildung	0,03084784**
Interaktionsterme	
Stadtkreis und Arbeitslosenquote	-0,00314184*
Räumliche Bezüge	
Dummy Heidelberg	0,13717242**
Lebensqualität im Nachbarkreis	-0,00060971**
Hochqualifizierte im Nachbarkreis	0,46181013**
Lambda	-0,95041*
AIC	-162,37

**signifikant auf Niveau 0,01; *signifikant Niveau 0,05.

Quelle: Eigene Berechnung.

Dagegen zeigen gute wirtschaftliche Rahmenbedingungen und eine niedrige Arbeitslosenquote eines Kreises positive Effekte. So zeigt der geschätzte Effekt des Wirtschaftsindikators „Beschäftigtenquote“ einen auf dem 1 %-Niveau signifikant positiven, der Interaktionsterm, der durch die binäre Variable Stadtkreis und die Arbeitslosenquote gebildet wird, hingegen einen auf dem 5 %-Niveau signifikant negativen Zusammenhang zum Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort. Mit einer Arbeitslosenquote von 6,7 % in Heidelberg und 7,1 % in Karlsruhe weisen diese Städte die höchsten Anteile an Hochqualifizierten von über 29 % in Heidelberg und 18,5 % in Karlsruhe auf. Dem entgegen stehen für das Oberzentrum Ludwigshafen allerdings eine Arbeitslosenquote von über 10 % und ein geringer Anteil an Hochqualifizierten von 7,5 %. Die Extremwerte in Heidelberg und Karlsruhe übersteigen

jedoch diesen Effekt deutlich, was in dem (leicht) signifikanten negativen Regressionskoeffizient resultiert. Dieses Ergebnis steht zugleich im Einklang mit dem signifikant negativen Effekt der Industriequote, die in Ludwigshafen mit 42,5 % deutlich höher ist als in Heidelberg (14,4 %) und Karlsruhe (15,9 %).

Der signifikant negative Effekt des Faktors Erreichbarkeit auf den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort zeigt, dass diese Personengruppe eher in Kreisen (oder deren direkten Nachbarn) mit einer guten Verkehrsanbindung wohnt. Da die in den Faktor einfließenden Variablen wie Erreichbarkeit von Autobahnen, Bahnhöfen und Agglomerationszentren in der Einheit „Entfernung als Fahrtzeit in Minuten“ angegeben werden, ist ein geringer Wert dieses Faktors gleichbedeutend mit einer hohen Erreichbarkeit. Der signifikant negative Zusammenhang spiegelt folglich die Präferenz für gut ausgebaute Infrastruktur, eine gute Anbindung an den ÖPNV und eine hohe Zentralität wider.

Im Themenfeld der F&E-Infrastruktur weist der generierte Bildungsfaktor³¹ einen signifikant positiven Schätzer auf dem 1 %-Niveau auf. Die höchste Ladung des Faktors stellt die Anzahl der Studierenden dar. Den Universitätsstädten kommt einerseits eine besondere Bedeutung für die Regionalentwicklung zu, da sie die zukünftigen Fachkräfte ausbilden, andererseits verkörpern studentisch geprägte Städte wie beispielsweise Heidelberg ein besonderes Image, sowohl für die sesshaften als auch die transitorischen Hochqualifizierten. So sind in diesen (Universitäts-)Städten die von Florida als Voraussetzungen für eine attraktive Stadt genannten „3 T's: Technologie, Talent und Toleranz“ (Florida, 2005) für die kreative Klasse am ehesten erfüllt. Aus diesem Grund weist der generierte Bildungsfaktor einen signifikant positiven Einfluss auf den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort auf.

Die Analyse der räumlichen Verteilung der Hochqualifizierten mit den LISA-Statistiken hat Heidelberg auch am Wohnort als Ausreißer und somit als Quelle für räumliche Heterogenität identifiziert, was die Aufnahme eines Korrekturterms in das Modell erfordert, um die räumlichen Zusammenhänge der Untersuchungsregion ohne Verzerrungen abbilden zu können. Dabei zeigt die hoch signifikante binäre Variable „Dummy Heidelberg“, dass neben den oben diskutierten guten Bedingungen als Arbeitsstandort die Stadt Heidelberg auch als Wohnort äußerst attraktiv für Hochqualifizierte ist. Dies spiegelt sich beispielsweise in den extrem hohen Baulandpreisen wider. So liegt der durchschnittliche Kaufpreis je Quadratmeter mit 539,70€ deutlich vor dem nächstniedrigeren Kreis Mannheim mit 324,80€ (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2011).

Neben dem Einfluss der ökonomischen Faktoren zeigen die Ergebnisse, dass auch die Lebensqualität im betrachteten Kreis einen Einfluss auf den Anteil der Hochqualifizierten besitzt. Die Lebensqualität

³¹ Der Bildungsfaktor beinhaltet neben der Anzahl der Studierenden auch die Anzahl der Gymnasiasten und die Schulabgänger, die als höchsten Bildungsabschluss die Hochschulreife aufweisen.

bestimmt sich aus dem „Index der Lebensqualität“ von Buettner und Eberts (2007, 2009), der unter anderem Größen wie Erholungsflächen, Sonnenscheindauer und Kriminalität beinhaltet und weist einen hoch signifikant positiven Effekt auf den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort auf. Die größten Index-Werte der Stadtkreise weisen hierbei Baden-Baden (230 Punkte), Heidelberg (213 Punkte), Karlsruhe (217 Punkte), Neustadt an der Weinstraße (191 Punkte) und Landau (190 Punkte) auf. Betrachtet man diese Stadtkreise näher, so kann ebenfalls festgestellt werden, dass sich diese durch einen hohen Anteil an Hochqualifizierten und eine geringe Arbeitslosenquote auszeichnen. Den geringsten Wert des Lebensqualitätsindex weist Ludwigshafen (114 Punkte) auf. Aber auch Mannheim liegt mit einem Wert von 156 Punkten unter dem Median von 184 Punkten. Im nationalen Vergleich liegt Heidelberg an dritter Stelle, noch vor München (187 Punkte), Stuttgart (183 Punkte) oder Frankfurt (176).

Durch den drohenden Fachkräftemangel verändert sich der Arbeitsmarkt: Hochqualifizierte können zukünftig vermehrt auch nicht ökonomische Präferenzen bei der Arbeitsplatzwahl realisieren (v. Einem, 2009). Dies bedeutet, dass Standortvorteile zukünftig regional realisiert werden (Lowack, 2007). So grenzt beispielsweise das durch eine geringe Lebensqualität gekennzeichnete Ludwigshafen an mehrere Kreise an, die wesentlich höhere Werte aufweisen und somit attraktiver als Wohnstandort sind. Der Spatial Lag erster Ordnung zeigt deshalb einen signifikant negativen Zusammenhang zum Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort.

Die Korrektur der räumlicher Abhängigkeit erfordert einen Spatial Lag erster Ordnung der zu erklärenden Variable, also der Anteil der Hochqualifizierten im Nachbarkreis, in das Modell mit ein, der einen auf dem 1 %-Niveau signifikant positiven Effekt auf den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort aufweist. Dieses Resultat bestätigt die deskriptiven Ergebnisse, die auf eine räumliche Konzentration der Hochqualifizierten in der Untersuchungsregion und somit auf eine räumliche Heterogenität der Verteilung und räumlichen Abhängigkeiten hinweisen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist eine mögliche Endogenität der erklärenden Variablen nicht auszuschließen. So sind beispielsweise im Bereich Forschung und Entwicklung überdurchschnittlich viele Hochqualifizierte beschäftigt. Eine Erhöhung der Anzahl der F&E-Beschäftigten impliziert somit einen Anstieg des Anteils der Hochqualifizierten. Die Studie weist jedoch einen explorativen Charakter auf und zielt darauf ab Ansatzpunkte zur Entwicklung von Maßnahmen für die Regionalentwicklung zu finden. Somit steht nicht die exakte Quantifizierung der einzelnen Einflussgrößen, sondern die Identifikation der einzelnen Themenfelder für eine zukünftige Diskussion der regionalen Akteure im Vordergrund.

4.6 Schlussfolgerungen

Im Zuge des demographischen Wandels wird sich sowohl die Alters- als auch die Bevölkerungsstruktur verändern, was vor allem auf dem Arbeitsmarkt zu spüren sein wird (MEA - Mannheim Research Institute for the Economics of Aging, 2008). Aus diesem Grund sind sowohl Regionalplaner aber auch Unternehmen gezwungen, Lösungsstrategien für eine älter werdende Bevölkerung und Belegschaften zu entwickeln. Umso wichtiger ist es für eine Region, gut ausgebildete Arbeitskräfte nach der Ausbildung oder dem Studium zu halten und auch die Migration in die Region zu fördern. Denn diese zukünftigen Fachkräfte tragen nicht nur zum Image und der Bekanntheit einer Region bei, sondern sichern auch langfristiges Wachstum.

Der vorliegende Beitrag hat am Beispiel der Metropolregion Rhein-Neckar mit Methoden der räumlichen Ökonometrie geprüft, welche Faktoren den Anteil der Hochqualifizierten an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten auf Kreisebene am Wohn- und Arbeitsort bestimmen. Die Analyse am Wohnort erforderte die Abgrenzung des potentiellen Pendlereinzugsgebietes der Region, da dieser Wirtschaftsraum aus dem ökonomischen Zentrum um die drei Oberzentren Mannheim, Heidelberg und Ludwigshafen und dem als Wohnstandort genutzten Umland besteht, aus dem Erwerbstätige, auch von außerhalb der MRN, einpendeln. Besondere Bedeutung bei der Abgrenzung erfuhren die Randgebiete der Untersuchungsregion, um Überschneidungen mit den Wirtschaftsräumen Rhein-Main und Stuttgart zu vermeiden. In die Auswertungen am Arbeitsort flossen ausschließlich Kreise ein, die innerhalb der MRN liegen, das Pendlereinzugsgebiet spielte keine Rolle.

Die Ergebnisse der ökonometrischen Schätzungen haben gezeigt, dass vor allem Merkmale aus den drei Bereichen „Wirtschaft“, „Lebensqualität“ und „Wissenschaft/Bildung“, die die MRN lange als „Markenzeichen“ (Lowack, 2007; Metropolregion Rhein-Neckar, 2009) zur Positionierung nutzte, einen entscheidenden Einfluss auf den Anteil der Hochqualifizierten in den Kreisen der MRN aufweisen. Allerdings taucht diese Einteilung aktuell nicht mehr prominent in den Veröffentlichungen der Metropolregion Rhein-Neckar auf (beispielsweise Metropolregion Rhein-Neckar, 2011b). Die vorliegenden Ergebnisse rechtfertigen aber einen größeren Marketing-Fokus. So prägen Merkmale aus dem Bereich „Wirtschaft“ den regionalen Arbeitsmarkt während insbesondere die „Lebensqualität“ als Maß für attraktives Wohnen steht. Das Themenfeld „Bildung“ erweist sich sowohl in den Auswertungen am Wohn- als auch am Arbeitsort als relevanter Einfluss.

Der Anteil am Arbeitsort hängt wesentlich von ökonomischen Faktoren ab und ist das Ergebnis einer realisierten Nachfrage des regionalen Arbeitsmarktes. Der Großteil der wirtschaftlichen Aktivität der MRN konzentriert sich in den drei Oberzentren Mannheim, Heidelberg und Ludwigshafen und dem

Rhein-Neckar-Kreis. Die Anteile in Heidelberg (14,4%) und Mannheim (9,9%) weisen die höchsten Werte auf und zeigen den rechtsrheinischen F&E-Schwerpunkt der Wirtschaftsstruktur. Darüber hinaus verdeutlichen die Ergebnisse die attraktive Position der MRN auf Arbeitsplatzwanderer und junge Erwerbstätige. Deschermeier (2012) prognostiziert bis 2030 eine positive Zuwanderung für diese Gruppe und zeigt somit das Potential der MRN auf, den drohenden Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Die regionalen Akteure müssen auf dieser Basis Konzepte finden, diese jungen Menschen nach der Ausbildung oder dem Studium in der Region zu halten. Die Wanderungsmotivanalyse für die Stadt Mannheim (Gans et al. 2008) zeigt hierfür Ansatzpunkte auf, die auf die regionale Ebene übertragen werden müssen.

Bei der Analyse am Wohnort stellt insbesondere die Lebensqualität den maßgeblichen Einfluss auf den Anteil der Hochqualifizierten dar. Dieser Effekt lässt sich auch über Kreisgrenzen hinweg als Spatial Lag nachweisen. Da Hochqualifizierte zunehmend auch nicht ökonomische Präferenzen bei der Arbeitsplatzwahl realisieren können, stellen sie hohe Ansprüche an die „Qualität und die Authentizität des Stadtbilds“ (Spinnen, 2011: 140). Da Standortvorteile jedoch zunehmend auch regional realisiert werden (Lowack, 2007), verdeutlichen die Ergebnisse eine zentrale Stärke des regionalen Bündnisses der verschiedenen Akteure als Metropolregion: denn neben historischen Schätzen wie beispielsweise das Weltkulturerbe Kloster Lorsch oder der Speyerer Dom existiert ein breites kulturelles Veranstaltungsangebot, das auch im Vergleich zu anderen deutschen Metropolregionen äußerst attraktiv ist. Dadurch entstehen positive externe Effekte, die auf die ganze Region ausstrahlen und verkörpern ein Image, das einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil sichert und die negativen externen Effekte ökonomischer Aktivitäten ausgleichen kann. Dieser regionale Fokus sollte im Marketing der einzelnen (industriell geprägten) Städte zentraler positioniert werden.

Die Metropolregion Rhein-Neckar verweist auf ihrer Homepage unter der Rubrik „Internationale Fach- und Führungskräfte“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011c) auf das von der MRN GmbH koordinierte Netzwerk „Internationale Fach- und Führungskräfte in der MRN“, das vor allem zur Informationstransparenz beitragen soll. Ein reiner Informationsaustausch und die Hilfestellung bei behördlichen Fragen sowie Fragen der „Dual Career“ sind wichtig, reichen jedoch kaum aus, um die Attraktivität einer Region nachhaltig zu steigern. Auch Growe (2009) identifiziert neben den Handlungsfeldern „Wissensinfrastruktur“, „kreative Interaktion“, und „regionale Einstellung“ die hochqualifizierten Arbeitskräfte als Ressourcen, die zu einer besseren Nutzung des Wissens in einer Metropolregion beitragen. Sie weist darauf hin, dass das Ziel einer regionalen Attraktivität für Hochqualifizierte von den Akteuren der Metropolregionen zwar als wichtig erkannt wird, aber nicht in konkrete Maßnahmen überfordert wird.

Dies erfordert zukünftige Investitionen der regionalen Akteure und eine entsprechende Vermarktung. Der Erfolg von aktuellen Initiativen und Projekten, beispielsweise im Rahmen des Netzwerkes „Vitaler Arbeitsmarkt“ (vgl. Metropolregion Rhein-Neckar, 2011b) müssen evaluiert und im Erfolgsfall konsequent fortgeschrieben werden, um das Ziel der Vision 2025 zu erreichen „bis 2025 als eine der attraktivsten und wettbewerbsfähigsten Regionen in Europa bekannt und anerkannt“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011a) zu sein. Hochqualifizierte stellen für diesen Prozess eine entscheidende Determinante dar. Zukünftiger Forschungsbedarf besteht darin, die Faktoren, die die Lebensqualität bestimmen, näher zu beleuchten und in Maßnahmen für eine erwünschte Regionalentwicklung zu überführen. Darüber hinaus sollten die Präferenzen der Hochqualifizierten durch eine qualitative Studie analysiert werden.

4.7 Literaturangaben zu Kapitel 4

Adam, B.; Göddecke-Stellmann, J.; Heidbrink, I. (2005): Metropolregionen als Forschungsgegenstand. Aktueller Stand, erste Ergebnisse und Perspektiven. In: Informationen zur Raumentwicklung 7: 417-430.

Anselin, L. (1988): Spatial econometrics: Methods and Models. London.

Anselin, L. (1995): Local Indicators of Spatial Association. In: Geographical Analysis 27,2: 93-115.

Anselin, L. (1999): Spatial Econometrics. URL: http://www.csiss.org/learning_resources/content/papers/baltchap.pdf, zuletzt abgerufen am 09.03.12.

Anselin, L. (2003): An Introduction to Spatial Regression Analysis in R. URL: <http://geodacenter.asu.edu/system/files/spdepintro.pdf>, zuletzt abgerufen am 22.3.2012.

Anselin, L. (2010): Thirty years of Spatial Econometrics. In: Papers in Regional Science 89,1: 3-25.

Arntz, M. (2009): What Attracts Human Capital? Understanding the Skill Composition of Interregional Job Matches in Germany. In: Regional Studies 44,4: 423-441.

Backes-Gellner, U. et al. (2000): Wettbewerbsfaktor Fachkräfte – Rekrutierungschancen und -probleme von kleinen und mittleren Unternehmen. In: Schriften zur Mittelstandsforschung 85. Wiesbaden.

Bathelt, H.; Glückler, J. (2002): Wirtschaftsgeographie. Stuttgart.

Becker, G. (1975): Human capital. A Theoretical and Empirical Analysis, with special Reference to Education. New York.

Berlemann, M.; Tilgner, J. (2007): Determinanten der innerdeutschen Standortwahl von Unternehmen. Ergebnisse einer empirischen Analyse. In: ifo Dresden berichtet 3/2007: 14-22.

Bertelsmann Stiftung (2002): Neue Strategien gegen den Fachkräftemangel, URL: http://www.bertelsmann-stiftung.de/cps/rde/xbcr/SID-71649A67-AB95_A6DD/bst/xcms_bst_dms_13742_13743_2.pdf, zuletzt abgerufen am 09.03.2012.

Berthold, N.; Kullas, M.; Müller, A. (2007): Die Bundesländer im Standortwettbewerb 2007. Einkommen - Beschäftigung - Sicherheit. Herausgegeben von Bertelsmann-Stiftung. Gütersloh.

Bivand, R. (2002): Spatial Econometrics functions in R. classes and methods. In: Journal of Geographical Systems 4: 405-421.

Blotevogel, H. H. (1999): Zur Neubewertung der Region für die Regionalentwicklung. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hg.): Europäische Einflüsse auf die Raum- und Regionalentwicklung am Beispiel des Naturschutzes, der Agenda 2000 und des regionalen Milieus. Hannover: 44-60.

Blume, T. (2009): Die ökonomischen Effekte regionaler Kooperationen. Theorie und Empirie am Beispiel monozentrischer Regionen in Westdeutschland. Marburg.

Borgmann, B.; Braunerhjelm, P. (2010): Entrepreneurship and local growth. comparison of the US and Sweden. In: Karlsson, C.; Johansson, B.; Stough, R. (Hg.): Entrepreneurship and regional development. Local processes and global patterns. Cheltenham, Northampton: 67-91.

Borrmann, C.; Jungnickel, R.; Keller, D. (2007): Standort Deutschland - abgeschlagen im Wettbewerb um Hochqualifizierte? In: Wirtschaftsdienst 2: 127-134.

Börsch-Supan, A.; Wilke, C. B. (2009): Zur mittel- und langfristigen Entwicklung der Erwerbstätigkeit in Deutschland. In: Zeitschrift für ArbeitsmarktForschung 42,1: 29-48.

Brandt, A.; Krätke, S.; Hahn, C.; Borst, R. (2008): Metropolregionen und Wissensvernetzung. Eine Netzwerkanalyse innovationsbezogener Kooperationen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen. Berlin.

Buch, T.; Hamann, S.; Niebuhr, A. (2010): Der Wettbewerb um kluge Köpfe nimmt zu. In: IAB-Kurzbericht 16/2010.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2011): INKAR – Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung. Version 2010: Statistische Ämter des Bundes und der Länder.

Büttner, T.; Ebertz, A. (2007): Lebensqualität in den Regionen: Erste Ergebnisse für Deutschland. In: Ifo Schnelldienst 15: 13-19.

Büttner, T.; Ebertz, A. (2009): Quality of Life in the Regions - Results for German Counties. In: Annals of Regional Science 43,1: 89-112.

Buttler, F.; Tessaring, M. (1993): Humankapital als Standortfaktor. In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 26,4: 467-476.

Cliff, A. D.; Ord, J. K. (1973): Spatial autocorrelation. London.

Cornett, A. P. (2010): Innovation and entrepreneurship in Danish regional policy. In: Karlsson, C.; Johansson, B.; Stough, R. (Hg.): Entrepreneurship and regional development. Local processes and global patterns. Cheltenham, Northampton: 238-265.

Deschermeier, P. (2012): Die Bevölkerungsentwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar. Eine stochastische Bevölkerungsprognose auf Basis des Paradigmas funktionaler Daten. In: Comparative Population Studies (in Vorbereitung).

Donegan, M. et al. (2008): Which Indicators explain Metropolitan Economic Performance best? Traditional or Creative Class. In: Journal of the American Planning Association 74,2: 180-195.

Eckey, H. F.; Kosfeld, R.; Türrck, M. (2006a): Abgrenzung deutscher Arbeitsmarktreionen. In: Raumforschung und Raumordnung 64,4: 299-309.

Eckey, H.-F.; Kosfeld, R.; Türrck, M. (2006b): Räumliche Ökonometrie. In: WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium 10: 548-554.

Eckey, H. -F.; Kosfeld, R.; Türrck, M. (2007): Pendlerbereitschaft von Arbeitnehmern in Deutschland. In: Raumforschung und Raumordnung 65,1: 5-14.

Einem, E. von (2009): Wissensabsorption - die Stadt als Magnet. In: *disP - The Planning Review* 177,2: 48-69.

Festing, M.; Royer, S.; Steffen, C. (2010): Können Unternehmen durch Cluster Wettbewerbsvorteile realisieren? Eine ressourcenbasierte Analyse des Uhrenclusters Glashütte. In: *Zeitschrift für Management* 5,2: 165-185.

Florax, R.; Folmer, H.; Rey, S. J. (2003): Specification searches in spatial econometrics - the relevance of Hsiao's methodology. In: *Regional Science and Urban Economics* 33: 557-579.

Florida, R. (2002): The Economic Geography of Talent. In: *Annals of the Association of American Geographers* 4: 743-755.

Florida, R. (2004): *The Rise of the Creative Class – and how it's transforming work, leisure, community, and everyday life*. New York.

Florida, R. (2005): *Cities and the creative class*. New York.

Foss, N. J. (1996): Higher-order industrial Capabilities and competitive advantage. In: *Industry & Innovation* 3,1: 1-20.

Gans, P.; Schmitz-Veltin, A.; West, C.; Meng, R.; Deschermeier, P.; Schmidt, C. (2008): *Wanderungsmotivanalyse Mannheim*. Unveröffentlichter Abschlussbericht im Auftrag der Stadt Mannheim und der GBG Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft mbH. Mannheim.

Geppert, K.; Gornig, M. (2010): Mehr Jobs, mehr Menschen: Die Anziehungskraft der großen Städte wächst. *Wochenbericht des DIW Berlin* 19: 2-10.

Goldstone, J. A. (2009): Engineering Culture, Innovation, and Modern Wealth Creation. In: Karlsson, C.; Stough, R.; Johansson, B. (Hg.): *Entrepreneurship and innovations in functional regions*. Cheltenham: 21-47.

Grabow, B.; Becker, A. (2009): Metropolregionen - Quellen und Mündungen von Wanderungsströmen. In: Knieling, J. (Hg.): *Metropolregionen. Innovationen, Wettbewerb, Handlungsfähigkeit*. Hannover: 270-299.

Growe, A. (2009): Wissensallianzen und regionale Wissenskonzepte als Bausteine zur Nutzung von Wissen in Metropolregionen. In: Matthiesen, U.; Mahnken, G. (Hg.): *Das Wissen der Städte – Neue stadtrregionale Entwicklungsdynamiken im Kontext von Wissen, Milieus und Governance*. Wiesbaden: 323-342.

Hatch, N. W.; Dyer, J. H. (2004): Human Capital and learning as a source of sustainable competitive advantage. In: *Strategic Management Journal* 25: 1155-1178.

Hervás-Olivier, J. L.; Albors-Garrigós, J. (2007): Do clusters capabilities matter? An empirical application of the resource-based view in clusters. In: *Entrepreneurship and Regional Development* 19: 113-136.

Huselid, M. A. (1995): The Impact of Human Resource Management Practices on Turnover, Productivity, and Corporate Financial Performance. In: *The Academy of Management Journal* 38, 3: 635-672.

- Klemmer, P.; Kraemer, D. (1975): Regionale Arbeitsmärkte. Ein Abgrenzungsvorschlag für die Bundesrepublik Deutschland. In: Beiträge zur Struktur- und Konjunkturforschung, Band I. Bochum.
- Kosfeld, R.; Eckey, H.-F.; Türck, M. (2007): LISA (Local Indicators of Spatial Association). In: WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium 3: 157-162.
- Kropp, P.; Schwengler, B. (2008): Abgrenzung von Wirtschaftsräumen auf der Grundlage von Pendlerverflechtungen. Ein Methodenvergleich. In: IAB-Discussion Paper 41.
- Krugman, P. (1991): Increasing Returns and Economic Geography. In: Journal of Political Economy 3: 483-499.
- Krugman, P. (1998): What's new about the New Economic Geography? In: Oxford Review of Economic Policy 14,2: 7-17.
- Landtag von Baden-Württemberg (2005): Beschlussempfehlung und Bericht des Wirtschaftsausschusses. Zu der Mitteilung der Landesregierung vom 17. Mai 2005 - Drucksache 13/4346. Drucksache 13/4387 vom 14.06.2005.
- Liebel, H. J.; Oechsler, W. A. (1994): Handbuch Human Resource Management. Wiesbaden.
- Lowack, W.-R. (2007): Die Europäische Metropolregion Rhein-Neckar - Auftrag, Vision und Umsetzung. In: ufw 15: 130-135.
- Lucas, R. A., Jr. (1988): On the Mechanics of Economic Development. In: Journal of Monetary Economics 22,1: 3-42.
- Maskell, P.; Malmberg, A. (1999): Localised learning and industrial competitiveness. In: Cambridge Journal of Economics 23,2: 167-185.
- MEA - Mannheim Research Institute for the Economics of Aging (2008): Der Demografische Wandel – Konsequenzen für die Deutsche Volkswirtschaft. In: policy brief 4. Mannheim.
- Meincke, A. (2008): Wettbewerb, Kooperation und regionale Netzwerke. In: Böcher, M.; Krott, M.; Tränkner, S. (Hg.): Regional Governance und integrierte ländliche Entwicklung. Ergebnisse der Begleitforschung zum Modell- und Demonstrationsvorhaben "Regionen Aktiv". Wiesbaden: 69-108.
- Meißner, A.; Becker, F.G. (2007): Competition for Talents. In: WiSt 8: 394-399.
- Mellander, C.; Palmberg, J. (2010): Household migration and attractiveness in consumer service supply. In: Karlsson, C.; Johansson, B.; Stough, R. (Hg.): Entrepreneurship and regional development - Local processes and global patterns, Cheltenham/Northampton: 148-171.
- Meng, R.; Schmitz-Veltin, A.; West, C. (2008): Wohnen in der Stadt? - Wohnwünsche intraurban wachsender Haushalte und potenzieller Reurbanisierer am Beispiel der Stadt Mannheim. In: Maretzke, S. (Hg.): Städte im demografischen Wandel. Wesentliche Strukturen und Trends des demografischen Wandels in den Städten Deutschlands. Materialien zur Bevölkerungswissenschaft 125. Wiesbaden: 103-112.
- Metropolregion Rhein-Neckar (2009): Leben in Bewegung: Das Jahr 2008. Gemeinschaftliche Regionalentwicklung in der Metropolregion Rhein-Neckar. Mannheim.

Metropolregion Rhein-Neckar (2011a): Gemeinsam die Zukunft der Region gestalten. URL: <http://www.m-r-n.com/start/regionalplanung-entwicklung.html>, zuletzt abgerufen am 16.3.2012.

Metropolregion Rhein-Neckar (2011b): Seit fünf Jahren im Aufwind! Leben in Bewegung: Das Jahr 2010. Gemeinschaftliche Regionalentwicklung in der Metropolregion Rhein-Neckar. URL: http://www.m-r-n.com/fileadmin/PDF-Downloads/MRN_Jahresbericht_2010_01.pdf, zuletzt abgerufen am 18.3.2012.

Metropolregion Rhein-Neckar (2011c): Internationale Fach- und Führungskräfte. URL: <http://www.m-r-n.com/start/regionalplanung-entwicklung/gemeinschaftlicheregionalentwicklung/arbeitsmarkt/internationale-fach-fuehrungskraefte.html>, zuletzt abgerufen am 09.10.2011.

Michaels, E.; Handfield-Jones, H.; Axelrod, B. (2006): *The War For Talent*. Boston.

Morgan, K. (1997): *The Learning Region. Institutions, Innovation and Regional Renewal*. In: *Regional Studies* 31,5: 491-503.

Müller, E.M. (2012): *Ressourcenausstattung als strategischer Erfolgsfaktor der Regionalentwicklung - Eine Analyse am Beispiel der Europäischen Metropolregion Rhein-Neckar*. Köln.

Niebuhr, A.; Stiller, S. (2004): Zur Bedeutung von Standortfaktoren. Was macht einen Standort attraktiv für qualifizierte Arbeitskräfte und Kapital? In: Hönekopp, E.; Jungnickel, R.; Straubhaar, T. (Hg.): *Internationalisierung der Arbeitsmärkte*. Nürnberg: 233-257.

Rauch, J. E. (1993): *Productivity Gains from Geographic Concentration of Human Capital. Evidence from the Cities*. In: *Journal of Urban Economics* 34,3: 380-400.

Roberts, M.; Setterfield, M. (2007): *Endogenous regional growth: a critical survey*. In: Cambridge Centre for Economic and Public Policy Working Papers Series 01-07.

Romer, P. M. (1990): *Endogenous Technological Change*. In: *Journal of Political Economy* 98,5: 71-102.

Rusche, K. (2008): *Quality of Life in the Regions: An Exploratory Spatial Data Analysis for West German Labor Markets*. CAWM Discussion Paper 10. Münster.

Schmitz-Veltin, A. (2009): *Demografischer Wandel in Deutschland. Vielfalt der Regionen*. In: Gottwald, M.; Löwer, M. (Hg.): *Demografischer Wandel - Herausforderungen und Handlungsansätze in Stadt und Region*. Arbeitsberichte, 40. Münster: 11-26.

Spinnen, B. (2011): *Mit Wissen erfolgreich im Standortwettbewerb*. In: Lisowski, R. et al.: *Wissensbasierte Stadtentwicklung : 16 Beispiele aus der Praxis*. Essen: 138-141.

Stahlecker, T.; Koschatzky, K. (2004): *On the significance of geographical proximity for the structure and development of newly founded knowledgeintensive business service firms*. In: Working Papers Firms and Region des Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (Fraunhofer ISI, R2/2004).

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2011): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SvB) am Arbeitsort (AO) und am Wohnort (WO). Frankfurt.

Statistisches Bundesamt (2009): 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung - Annahmen und Ergebnisse. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2012): Regionaldatenbank Deutschland. URL: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/logon>, zuletzt abgerufen am 19.3.2012.

Teufer, S. (1999): Die Bedeutung des Arbeitgeberimage bei der Arbeitgeberwahl. Theoretische Analyse und empirische Untersuchung bei high potentials. Wiesbaden.

Tobler, W. R. (1970): A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. In: *Economic Geography* 46,2: 234-240.

Wagner, K.; O'Mahony, M.; Paulssen, M. (1997): Standortfaktor. Humankapital in Deutschland und die Aufholjagd der britischen Industrie. In: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 67,9: 947-970.

West, C.; Deschermeier, P. (2011): Value Orientation, Locational Choice and Residential Satisfaction - A Spatial Econometric Analysis. In: Koch, A.; Mandl, P. (Hg.): *Modeling and Simulating Urban Processes*. Berlin: 119-130.

White, M.; Braczyk, H. -J.; Ghobadian, A.; Niebuhr, J. (1988): Small firm's innovation. Why regions differ.: Policy Studies Inst. (PSI-research-report, 690). London.

Windsperger, J. (2006): A Resource-based View of the Competitive Advantages of Cities. Empirical Results in Advantages for Headquarters in Vienna for Central Europe. In: *SSE Journal of Economics and Business* 2: 20-31.

Wright, P. M.; McMahan, G. C. (1992): Theoretical Perspectives for Strategic Human Resource Management. In: *Journal of Management* 18,2: 295-320.

Wright, P. M.; McMahan, G. C.; McWilliams A. (1994): Human resources and sustained competitive advantage: a resource-based perspective. In: *International Journal of Human Resource Management* 5,2: 301-326.

Yamarik, S. (2011): Human capital and state-level economic growth. What is the contribution of schooling? In: *The Annals of Regional Science* 47,1: 195-211.

4.8 Anhang zu Kapitel 4

Anhang 4-1: Stadt- und Landkreise der Metropolregion Rhein-Neckar, ergänzt um diejenigen Kreise, die vom Kern der MRN aus innerhalb von 60 Minuten erreichbar sind

Bundesland	Kreise und kreisfreie Städte
Rheinland-Pfalz	Alzey-Worms, Bad-Dürkheim, Donnersbergkreis, Frankenthal, Germersheim, Kaiserslautern (Stadt), Kaiserslautern (Land), Landau, Ludwigshafen am Rhein, Mainz, Mainz-Bingen, Neustadt a. d. W, Rhein-Pfalz-Kreis, Speyer, Südliche Weinstraße, Worms
Baden-Württemberg	Baden-Baden, Enzkreis, Heidelberg, Heilbronn (Stadt), Heilbronn (Land), Karlsruhe (Stadt), Karlsruhe (Land), Mannheim, Neckar-Odenwald-Kreis, Pforzheim, Rastatt, Rhein-Neckar-Kreis
Hessen	Bergstraße, Darmstadt, Darmstadt-Dieburg, Frankfurt am Main, Groß-Gerau, Main-Taunus-Kreis, Odenwaldkreis, Offenbach am Main (Stadt), Offenbach Landkreis, Wiesbaden

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 4-2: Lokale Moran-Koeffizienten für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort

Kreise	Lokaler Moran	p-Wert
Bergstraße	0.012011404	0.4492665
Frankenthal	-0.029853335	0.4935977
Kaiserslautern Stadt	-0.030599998	0.4953514
Landau	-0.066576578	0.5149681
Ludwigshafen/Rhein	-0.027750137	0.4917235
Neustadt/Weinstraße	-0.009649645	0.4756057
Speyer	0.030536246	0.4400021
Worms	0.067754630	0.3926440
Alzey-Worms	0.101489165	0.3593726
Bad Dürkheim	0.010031423	0.4290745
Donnersbergkreis	0.408421658	0.1598223
Germersheim	-0.092592238	0.5646446
Kaiserslautern Kreis	0.233265118	0.2729632
Südliche Weinstraße	0.072813879	0.3737940
Rhein-Pfalz-Kreis	0.005887201	0.4181471
Mainz Bingen	-0.327365389	0.6438783
Heilbronn ST	0.227098250	0.3.685983
Heilbronn KR	0.122015920	0.3206204
Baden Baden	-0.091636510	0.5276506
Karlsruhe Stadt	-0.585329990	0.8896988
Karlsruhe Kreis	0.003354843	0.4390500
Rastatt	0.066595080	0.4084547
Heidelberg	2.945250003	0.0000000
Mannheim	0.473198129	0.04940780
Neckar-Odenwald-Kreis	-0.069754651	0.5236142
Rhein-Neckar-Kreis	0.285789115	0.1101269
Pforzheim	0.229732712	0.3673369
Enzkreis	-0.064085465	0.5280304

Quelle: Eigene Auswertung. Fett markierte Werte sind signifikant zum 5%-Niveau.

Anhang 4-3: Getis-Ord-Teststatistiken für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort

Kreise	Getis-Ord
Bergstraße	0.44828732
Frankenthal	0.05927199
Kaiserslautern Stadt	-0.58677663
Landau	-0.60982551
Ludwigshafen/Rhein	0.05455492
Neustadt/Weinstraße	-0.41514295
Speyer	0.38676359
Worms	-0.31963935
Alzey-Worms	-0.45901284
Bad Dürkheim	-1.34618506
Donnersbergkreis	-0.86497354
Germersheim	0.28670393
Kaiserslautern Kreis	-0.57003407
Südliche Weinstraße	-0.33585072
Rhein-Pfalz-Kreis	-0.45712600
Mainz Bingen	-0.47861097
Heilbronn ST	-0.52930407
Heilbronn KR	-0.60819251
Baden Baden	-0.47105191
Karlsruhe Stadt	-0.47386235
Karlsruhe Kreis	0.23422531
Rastatt	-0.27549679
Heidelberg	2.03652475
Mannheim	1.74821452
Neckar-Odenwald-Kreis	0.03599139
Rhein-Neckar-Kreis	1.51768150
Pforzheim	-0.37609700
Enzkreis	0.34901815

Quelle: Eigene Auswertung. Fett markierte Werte sind signifikant zum 5%-Niveau.

Anhang 4-4: Lokale Moran-Koeffizienten für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort

Kreise	Lokaler Moran	p-Wert
Bergstraße	-0.004304267	0.4207750948
Frankenthal	0.034915647	0.3903470570
Landau	0.010182550	0.4493593262
Ludwigshafen/Rhein	0.035887615	0.3893708237
Neustadt/Weinstraße	0.021912431	0.4034715510
Speyer	0.002172904	0.4365290453
Worms	0.060928770	0.3644766230
Bad Dürkheim	0.044315134	0.3651560851
Germersheim	0.258626610	0.2368446687
Südliche Weinstraße	0.130100354	0.2541862716
Rhein-Pfalz-Kreis	0.031552226	0.3216438503
Heidelberg	1.683770048	0.0000694233
Mannheim	0.225879558	0.1459736691
Neckar-Odenwald-Kreis	-0.452338221	0.7237654152
Rhein-Neckar-Kreis	0.202791554	0.1655203164

Quelle: Eigene Auswertung. Fett markierte Werte sind signifikant zum 5%-Niveau.

Anhang 4-5: Getis-Ord-Teststatistik für den Anteil der Hochqualifizierten am Wohnort

Kreise	Getis-Ord
Bergstraße	0.1532149
Frankenthal	-0.1873648
Landau	-0.6146623
Ludwigshafen/Rhein	-0.1909459
Neustadt/Weinstraße	-0.5660206
Speyer	0.2064862
Worms	-0.2794015
Bad Dürkheim	-0.7905941
Germersheim	-0.6387903
Südliche Weinstraße	-0.6592052
Rhein-Pfalz-Kreis	-1.4237330
Heidelberg	2.5590499
Mannheim	1.3881791
Neckar-Odenwald-Kreis	0.3731203
Rhein-Neckar-Kreis	1.4829323

Quelle: Eigene Auswertung. Fett markierte Werte sind signifikant zum 5%-Niveau.

Anhang 4-6: Liste der verwendeten Variablen

Variable	Erklärung
Wirtschaftsindikatoren	
Hochqualifizierte	Quotient aus den „Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort (Wohnort) nach Geschlecht, Nationalität und Art der Ausbildung“ und der Gesamtzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten eines Stadt- beziehungsweise Landkreises
Einpendler	Anteil der Einpendler an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort in %
Auspendler	Anteil der Auspendler an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Wohnort in %
Ausbildungsplatzwanderer	Binnenwanderungssaldo der Einwohner im Alter von 18 bis unter 25 Jahre je 1.000 Einwohner der Altersgruppe
Beschäftigtenquote	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Wohnort je 100 Einwohner im erwerbsfähigen Alter
Industriequote	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in der Industrie je 100 Einwohner im erwerbsfähigen Alter
Arbeitslosenquote	Anteil der Arbeitslosen an den Erwerbspersonen in %
Faktor Erreichbarkeit	Index, der durch eine Faktorenanalyse aus den folgenden Variablen gebildet wurde: Erreichbarkeit von Oberzentren; Mittelzentren; Autobahnen; ICE/IC-Bahnhöfen (je in Minuten Pkw-Fahrtzeit); die Erreichbarkeit von Agglomerationszentren mit Bahn und Pkw
Aspekte der Lebensqualität	
Lebensqualitätsindex	„Index der Lebensqualität“ von Büttner/Ebertz (2007, 2009)
F&E-Infrastruktur	
F&E-Beschäftigte	Beschäftigte in Forschung und Entwicklung je 1.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte
Faktor Bildung	Index, der durch eine Faktorenanalyse aus den folgenden Variablen gebildet wurde: Gymnasiasten; Schulabgänger mit Hochschulreife (Abitur); Studierende
Räumliche Bezüge	
Dummy Heidelberg	Binäre Variable, die den Wert 1 für Heidelberg annimmt; sonst 0
Großstadt	Städte mit einer Einwohnerzahl über 100.000
Stadtkreis	Kreisfreie Städte

Quelle: Eigene Darstellung.

5 Schlussfolgerungen

5.1 Ergebnisse und Ausblick

Der demographische Wandel stellt die Akteure der Metropolregion bereits heute vor die Herausforderung geeignete Maßnahmen zu finden, um „bis 2025 als eine der attraktivsten und wettbewerbsfähigsten Regionen in Europa bekannt und anerkannt“ (Metropolregion Rhein-Neckar, 2011) zu sein. Denn durch den Bevölkerungsrückgang auf nationaler Ebene stehen Regionen im Wettbewerb insbesondere um junge und gut ausgebildete Menschen, die eine wichtige Determinante der Regionalentwicklung darstellen. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen der vorliegenden Dissertation liefern hierfür die Grundlage. So verdeutlichen die Ergebnisse der Bevölkerungsprognose (**Kapitel 2**) den demographischen Druck auf den regionalen Arbeitsmarkt, die Vorausberechnung Erwerbspersonen (**Kapitel 3**) zeigt die mögliche Entwicklung auf, falls es zukünftig gelingt das Erwerbspersonenpotential besser auszuschöpfen als es gegenwärtig der Fall ist und die ökonometrische Analyse der räumlichen Verteilung der Hochqualifizierten (**Kapitel 4**) liefert Ansatzpunkte zur Entwicklung geeigneter Maßnahmen für die Regionalentwicklung.

Die Bevölkerung der Metropolregion Rhein-Neckar wird, anders als auf nationaler Ebene, bis 2030 nur geringfügig abnehmen. Dies liegt einerseits an der ansteigenden Lebenserwartung von Männern und Frauen, aber auch am Anstieg der Geburtenziffern. Die Geburten werden auf spätere Altersbereiche verschoben, dann jedoch verstärkt nachgeholt. Der bedeutendste Einfluss auf die regionale Bevölkerungsentwicklung weist im Modell jedoch die Nettomigration auf. Die Prognose zeigt, dass die Region bei den Ausbildungsplatzwanderern Zugewinne verzeichnen kann, wobei die Anzahl der Frauen etwas über der der Männer liegt. Der nur leicht negativen Bevölkerungsentwicklung steht jedoch eine deutliche Verschiebung bei der Altersstruktur der Bevölkerung gegenüber. So stellt 2030 die Altersgruppe der 40- bis unter 50-Jährigen die stärkste Kohorte dar, während die Anzahl der Menschen unter 30 Jahren im Vergleich zum Basisjahr 2009 deutlich abnimmt.

Die Anzahl der Menschen im erwerbsfähigen Alter sinkt bis zum Jahr 2030, jedoch fällt der erwartete Rückgang weniger stark aus als auf Bundesebene und beginnt erst 2020. Die prognostizierte demographische Entwicklung erlaubt allerdings keine Rückschlüsse auf die Entwicklung des Erwerbsverhaltens. Die hierfür berechneten Szenarien zur Entwicklung der Anzahl der Erwerbspersonen verdeutlichen, dass, falls das Erwerbspersonenpotential in den nächsten Jahren besser ausgeschöpft wird als bisher, sogar ein leichter Anstieg der Erwerbspersonen möglich ist. Analog zur Entwicklung der Bevölkerung verschiebt sich auch die Altersstruktur der Erwerbspersonen deutlich in die oberen Alters-

klassen und das Durchschnittsalter steigt an. So droht insbesondere bei jungen Menschen unter 30 Jahren aufgrund der demographischen Entwicklung und dem Ausscheiden der geburtenstarken Jahrgänge ab 2020 ein Fachkräftemangel. In Kombination mit der voranschreitenden Tertiarisierung der Wirtschaftsstruktur entsteht eine steigende Nachfrage nach höher qualifizierten Arbeitskräften. Aus diesem Grund wurde im vierten Kapitel untersucht, welche Faktoren den Anteil der Hochqualifizierten in der Metropolregion Rhein-Neckar bestimmen.

Die Ergebnisse der ökonometrischen Schätzungen haben gezeigt, dass vor allem Merkmale aus den drei Bereichen „Wirtschaft“, „Lebensqualität“ und „Wissenschaft/Bildung“, die die MRN lange als „Markenzeichen“ (Lowack, 2007; Metropolregion Rhein-Neckar, 2009) zur Positionierung nutzte, einen entscheidenden Einfluss auf den Anteil der Hochqualifizierten in den Kreisen der MRN aufweisen. Der Anteil am Arbeitsort hängt wesentlich von ökonomischen Faktoren ab und ist das Ergebnis einer realisierten Nachfrage des regionalen Arbeitsmarktes. Bei der Analyse am Wohnort stellt die Lebensqualität den maßgeblichen Einfluss auf den Anteil der Hochqualifizierten dar. Dieser Effekt lässt sich auch über Kreisgrenzen hinweg als Spatial Lag nachweisen. Standortvorteile werden somit auch regional realisiert. Positive externe Effekte strahlen auf die ganze Region aus und verkörpern ein Image, das einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil sichert und die negativen externen Effekte ökonomischer Aktivitäten ausgleichen kann (Deschermeier und Müller, 2012).

Die Arbeit leistet darüber hinaus einen Beitrag zur empirischen Regionalforschung. Denn die Lage der Region im Schnittpunkt der drei Bundesländer Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen verursacht Probleme bei empirischen Analysen, da die zuständigen statistischen Landesämter benötigte Sekundärdaten unterschiedlich aufbereiten. Dies betrifft besonders altersspezifische Merkmale, die auf verschiedene Altersgruppen aggregiert werden. Die funktionale Datenanalyse hat sich bei der Aufbereitung und Vereinheitlichung der Sekundärdaten als wertvolle Methode erwiesen, ohne die die vorgestellten Modelle auf regionale Ebene nicht umgesetzt werden könnten. Die verwendete Methodik bietet darüber hinaus weite Anwendungsmöglichkeiten. So kann die stochastische Bevölkerungsprognose auch als Grundlage für verschiedene Vorausberechnungen dienen, beispielsweise für den Wohnflächenbedarf oder die Anzahl der Haushalte einer Region. Die funktionale Datenanalyse ermöglicht auch stochastische Prognosen für tiefere räumliche Gliederungen, etwa der Kreis- und Gemeindeebene. Als Ergänzung zur Vorausberechnung der Erwerbspersonen könnte eine Projektion der Arbeitsnachfrage und der Erwerbstätigen zu einer effizienteren Regionalplanung beitragen.

5.2 Literaturangaben zu Kapitel 5

Deschermeier, P.; Müller, E. M. (2012): Analyse der Wohn- und Arbeitsortverteilung von Hochqualifizierten in der Metropolregion Rhein-Neckar. University of Mannheim / Department of Economics: Econ Discussion Paper 12/09.

Lowack, W.-R. (2007): Die Europäische Metropolregion Rhein-Neckar - Auftrag, Vision und Umsetzung. In: ufw 15: 130-135.

Metropolregion Rhein-Neckar (2009): Leben in Bewegung: Das Jahr 2008. Gemeinschaftliche Regionalentwicklung in der Metropolregion Rhein-Neckar. Mannheim.

Metropolregion Rhein-Neckar (2011): Seit fünf Jahren im Aufwind! Leben in Bewegung: Das Jahr 2010. Gemeinschaftliche Regionalentwicklung in der Metropolregion Rhein-Neckar. URL: http://www.m-r-n.com/fileadmin/PDF-Downloads/MRN_Jahresbericht_2010_01.pdf, zuletzt abgerufen am 18.3.2012.

Curriculum Vitae

Philipp Deschermeier

Seit 2007	Universität Mannheim Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie (Prof. Dr. Paul Gans)
2001-2007	Universität Mannheim Studium der Volkswirtschaftslehre
1992-2001	Carl Benz Gymnasium Ladenburg
1988-1992	Dahlberg Grundschule Ladenburg

Versicherung

Ich versichere, dass ich die beiliegende Arbeit selbstständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt habe und dass alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen sind, durch Angabe der Quellen als Entlehnung kenntlich gemacht worden sind.

Mannheim, den 29.10.2012

Philipp Deschermeier